

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

В.Г. Резник

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

Томск
2021

УДК 004.4 + 658.512.22

ББК 30.2-5-05

Р-344

Резник, Виталий Григорьевич

Р-344 Автоматизация технологического проектирования. Учебное пособие / В.Г. Резник. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2021. – 132 с.

Учебное пособие предназначено для обучения дисциплине «Автоматизация технологического проектирования» для студентов направления подготовки магистранта: 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) программы - «Программное обеспечение вычислительных машин, систем и компьютерных сетей».

УДК 004.4 + 658.512.22

ББК 30.2-5-05

© Резник В. Г., 2021

© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие предназначено для подготовки студентов магистерского курса обучения по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» по основной специализации «Программное обеспечение вычислительных машин, систем и компьютерных сетей». В процессе обучения студенты должны получить следующие компетенции:

- а) ПК-3 - «Способен выполнить разработку научных информационных систем»;
- б) ПК-14 - «Способен управлять проектами в области информационных технологий малого и среднего уровня сложности в условиях неопределенностей, порождаемых запросами на изменение, с применением формальных инструментов управления рисками и проблемами проекта».

Согласно тематике заявленной дисциплины - «Автоматизация конструкторского и технологического проектирования» можно найти множество учебников и учебных пособий, например, [1 — 5], совокупное содержимое которых обеспечивает учебный материал для указанных выше компетенций. Тем не менее прямое использование их в учебном процессе вызывает различные затруднения, поскольку бакалавры направлений подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника (Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем)» не имеют базового образования в области конструкторского и технологического проектирования. Этот факт обосновывает необходимость изложения учебного материала в собственном контексте, учитывающем полученные студентами навыки в области создания информационных систем.

С учетом указанных проблемных ограничений предметная область изучаемой дисциплины рассматривается как проектная деятельность, выполняемая конструкторами и технологами, которая сводится к изготовлению согласованной совокупности документов, удовлетворяющих требованиям:

- а) ЕСКД — Единой системы конструкторской документации;
- б) ЕСТД — Единой системы технологической документации;
- в) ЕСТПП - Единой системы технологической подготовки производства.

Краткое описание такой проектной деятельности изложено в первом разделе предлагаемого пособия, что по замыслу автора дает студентам общее представление об объекте и предметной области, которая в дальнейшем подвергается процедурам автоматизации. В последующих разделах учебного пособия рассматриваются сами подходы по автоматизации проектной деятельности конструкторов и технологов.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

- ЕСКД — Единая система конструкторской документации.
ЕСТД — Единая система технологической документации.
ЕСТПП — Единая система технологической подготовки производства.
ЖЦИ — жизненный цикл изделия.
ИТ — Информационные Технологии.
КД — конструкторская документация.
МТК — Международный технический комитет по стандартизации.
НИОКР — научно-исследовательская, опытно-конструкторская работа.
НИР — научно-исследовательская работа.
- ОКР — опытно-конструкторская работа.
ППД — подготовки производства документация.
САПР — система автоматизированного проектирования.
- ТД — технологическая документация.
ТЗ — техническое задание.
ТП — технологический процесс.
ТПП — технологическая подготовка производства.
ЦВМ — цифровая вычислительная машина.
ЭВМ — электронная вычислительная машина.
ЭКД (ЭД, ДЭ) — электронный конструкторский документ.
ЭТД — электронный технологический документ.
ЭСИ — электронная структура изделия.
ИТ — Information Technology.

1 ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТНЫЕ ОБЛАСТИ КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Данный раздел содержит учебный материал, поясняющий IT-специалистам предметную область конструкторского и технологического проектирования, которую они в дальнейшем должны автоматизировать. Методика такого пояснения опирается на базовый набор терминов, раскрывающих основные понятия *проектной деятельности* инженеров-конструкторов и инженеров-технологов.

Проектирование — деятельность конструкторов и технологов по созданию прототипов (прообразов) некоторой продукции производства, которая реализуется в документальной форме.

Такое определение проектной деятельности *ограничивает семантику изучаемого предмета* классическими представлениями о деятельности современных предприятий:

- 1) *не рассматривается кустарное производство*, включающее в проектную деятельность изготовление самой продукции;
- 2) *предполагается разделение проектной деятельности* на две качественные составляющие: **конструкторское проектирование** и **технологическое проектирование**.

Заявленная позиция позволяет более чётко сформулировать деятельность специалистов по проектированию, освобождая её от всевозможных «вольных» толкований и ориентируя её на уже общепринятую стандартизацию.

Инженер-конструктор — специалист, разрабатывающий конструкцию будущей продукции (изделия) в соответствии с требованиями её будущего функционирования, эксплуатации и ограниченного набора известных исходных материалов, оформляя документальный прототип этой продукции согласно общим требованиям **ЕСКД** (Единой системы конструкторской документации).

Инженер-технолог — специалист, разрабатывающий технологию изготовления будущей продукции на основе её конструкторской документации, оформляя документальный прототип производственных процессов согласно общим требованиям **ЕСТД** (Единой системы технологической документации) и **ЕСТПП** (Единой системы технологической подготовки производства).

1.1 Функциональная модель проектной деятельности с позиции IT-специалиста

Хотя производственные обязанности конструкторов и технологов включают необходимость проведения патентных исследований и повышение показателей технического уровня проектируемой продукции (изделий), целью их проектной деятельности являются физически реализуемые прототипы изделий. Такая парадигма является определяющей для семантики проектных решений, что является отличительным ограничительным признаком проектной деятельности от парадигмы научных исследований. В совокупности, указанные выше ограничительные признаки и определяют основной объект конструкторского и технологического проектирования.

Объектом конструкторского и технологического проектирования являются процессы проектной деятельности разных специалистов по созданию прототипов продукции (изделий).

Для IT-специалистов такая проектная деятельность по созданию прототипа изделия может быть представлена функциональной контекстной диаграммой (модель IDEF0), показанной на рисунке 1.1.

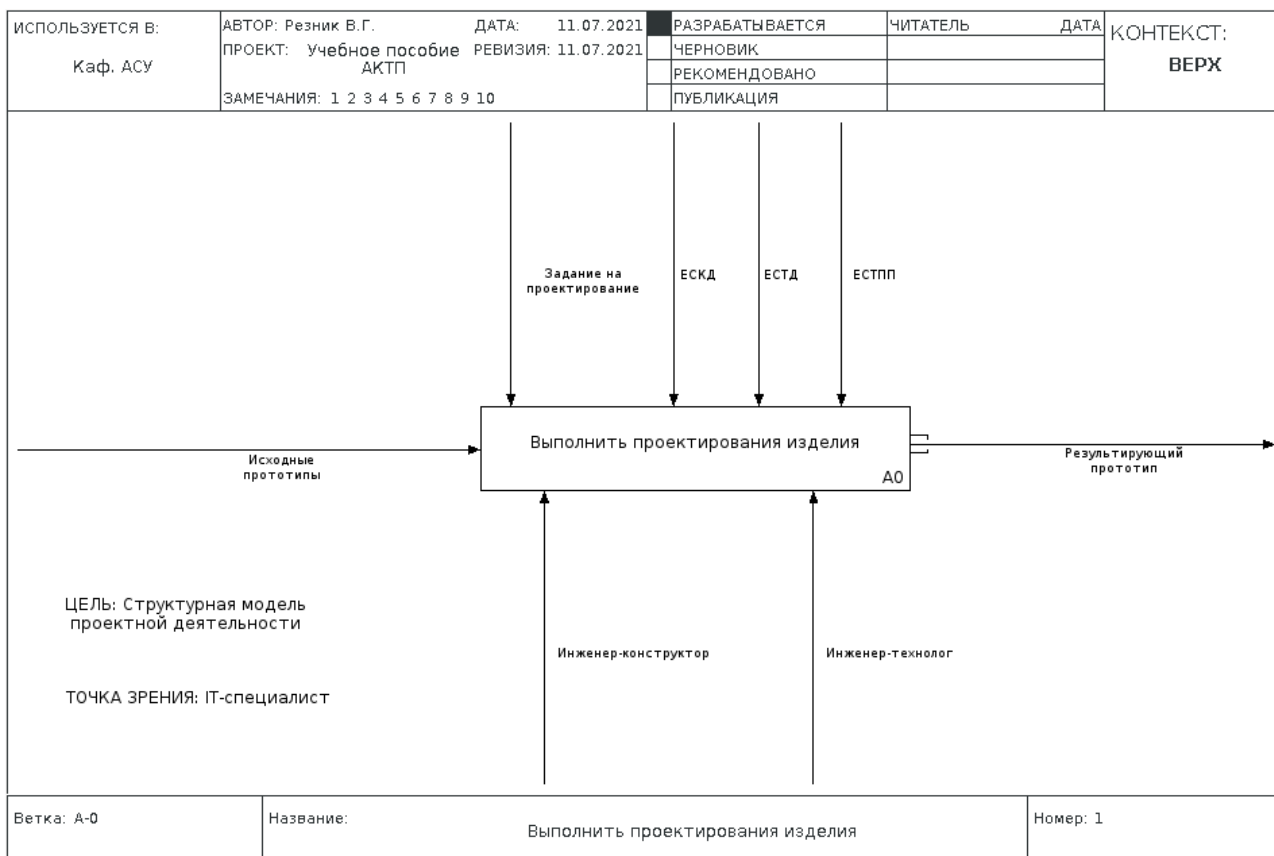


Рисунок 1.1 — Функциональная контекстная диаграмма проектной деятельности

Такое обобщённое представление демонстрирует структурный состав из четырёх главных составляющих, отражающих современную проектную деятельность:

- управляющие стрелки** сообщают, что проектирование осуществляется согласно «Заданию на проектирование», которое ограничивается дополнительными требованиями стандартов ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП;
- стрелки механизмов** показывают — кто осуществляет проектную деятельность;
- входная стрелка** соответствует исходному прототипу изделия, что подразумевает патентные исследования и анализ известных прототипов;
- выходная стрелка**, помещённая в «туннель», представляет результат проектной деятельности и подразумевает, что «резльтирующий прототип» может быть представлен различными видами конструкторской и технологической документации.

Примечание — **Обратите внимание**, что содержательный контекст диаграммы на рисунке 1.1 уточняется важными атрибутами «ЦЕЛЬ» и «ТОЧКА ЗРЕНИЯ».

Более содержательно проектную деятельность можно отобразить с помощью декомпозиции контекстной диаграммы, представив блок **А0** в виде трёх блоков, что показано на рисунке 1.2:

- Выполнить конструкторское проектирование;
- Выполнить технологическое проектирование;
- Выполнить проектирование технологической подготовки производства.

В результате такой декомпозиции «Результирующий прототип», соответствующий результату проектной деятельности, разделяется на три составляющие «Набор КД», «Набор ТД» и «Набор ППД».

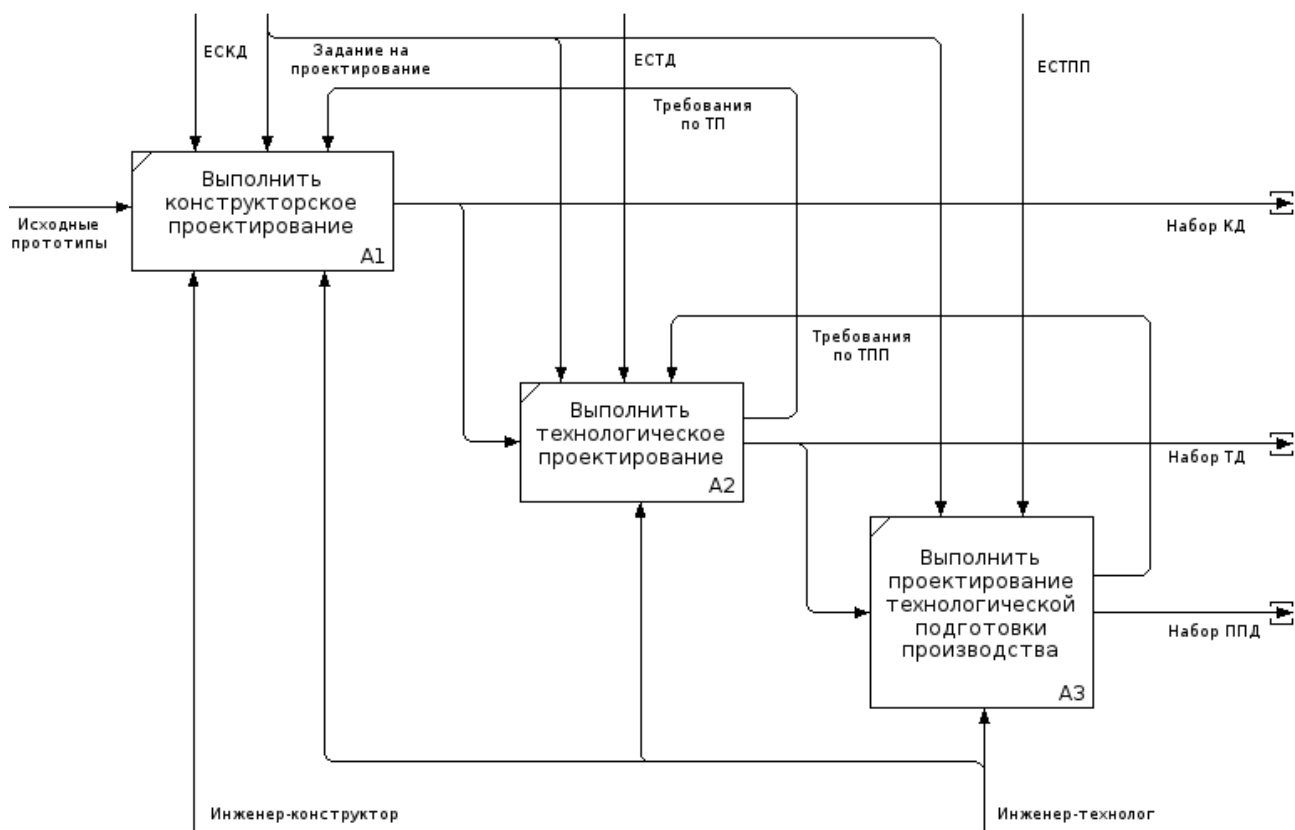


Рисунок 1.2 — Функциональная декомпозиция проектной деятельности (без реквизитов)

Современная проектная деятельность имеет внешние и внутренние контуры обратной связи по управлению. Обозначим их.

Внешние контуры управления проектной деятельностью показаны на рисунках 1.1 и 1.2 стрелками «Задание на проектирование», «ЕСКД», «ЕСТД» и «ЕСТПП».

Внутренние контуры управления проектной деятельностью представлены на рисунке 1.2 двумя обратными связями: «Требования по ТП» и «Требования по ТПП».

Результирующий прототип изделия представляется наборами из трёх типов документов: «Набор КД», «Набор ТД» и «Набор ППД».

Набор КД — набор конструкторской документации (КД), представляющей результат функциональной деятельности блока «Выполнить конструкторское проектирование».

Набор ТД — набор технологической документации (ТД), представляющей результат функциональной деятельности блока «Выполнить технологическое проектирование».

Набор ППД — набор документации по технологической подготовке производства (ППД), представляющей результат функциональной деятельности блока «Выполнить технологическую подготовку производства».

В целом достаточно сложно определить преобладающее влияние на конечный результат проектной деятельности каждого из представленных функциональных блоков. Тем не менее каждый из них имеет вполне обоснованную специфику и функциональную самостоятельность исполнения. Далее, в последующих трёх подразделах, даётся краткое описание этих видов деятельности с учётом общих ограничений, которые изложены в соответствующих документах по стандартизации: ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП. Далее, в подразделе 1.5, рассматривается дополнительный набор стандартов (СИБИД, ЕСПД и СПДС), более подробно раскрывающих общую учебную тематику данного раздела.

1.2 Конструкторское проектирование

Конструкторское проектирование — вид деятельности по созданию целевого прототипа изделия, осуществляемый двумя типами специалистов:

- а) *инженером-конструктором*, который обеспечивает целевую функциональность будущего изделия и описывает его прототип набором КД;
- б) *инженером-технологом*, который контролирует конструкторскую документацию (КД) на предмет соответствия её требованиям технологического процесса (ТП), формируя обратную связь по управлению в виде «Требования по ТП» и «Требования по ТПП».

Функция конструкторского проектирования, представленная на рисунке 1.2 функциональным блоком *А1*, осуществляет преобразование исходных прототипов изделия (конструкторской документации и иных видов документов) в целевой (конструкторский) прототип изделия, представленный конструкторской документацией: «Набором КД».

Управление функцией конструкторского проектирования осуществляется двумя внешними воздействиями:

- а) целевым внешним воздействием, обозначенным как «Задание на проектирование»;
- б) ограничивающим внешним воздействием, обозначенным как ЕСКД.

Поскольку информационная часть конструкторской деятельности ограничивается требованиями ЕСКД, то рассмотрим эти требования в следующих аспектах:

- а) общие положения по ГОСТ ЕСКД;
- б) виды изделий ЕСКД;
- в) конструкторская документация ЕСКД;
- г) основные надписи документов;
- д) стадии разработки ЕСКД.

1.2.1 Общие положения по ГОСТ ЕСКД

13 марта 1992 года в Москве было принято Соглашение между правительствами стран Содружества Независимых Государств (СНГ) о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации. На основе этого соглашения создан Межгосударственный совет по стандартизации, в состав которого входит Межгосударственный технический комитет по стандартизации (МТК) 536 «Методология межгосударственной стандартизации» и ряд других организаций, например, Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ). В совокупности указанные государственные структуры занимаются разработкой руководящих государственных и межгосударственных документов, маркируемых ключевым словом ГОСТ (государственный стандарт).

Цели и принципы межгосударственной стандартизации, а также объекты стандартизации, организационные вопросы, категории документов и правила их применения сейчас установлены в ГОСТ 1.0-2015 [6].

С целью регулирования конструкторской деятельности разработан комплекс стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Общие положения по стандартизации такой деятельности изложены в ГОСТ 2.001-2013 [7].

ЕСКД — комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях *ЖЦ изделия*. Стандарты ЕСКД распространяются на *изделия машиностроения и приборостроения*, а область действия отдельных из них может быть расширена.

Обозначение, состав и классификация стандартов ЕСКД также определена в общих положениях ГОСТ 2.001-2013. Все стандарты ЕСКД разделены на десять классификационных групп, представленных в таблице 1.1, а на рисунке 1.3 показан общий пример обозначения конкретного стандарта относящегося к третьей группе.

Таблица 1.1 — Классификационные группы стандартов ЕСКД [7]

Номер группы	Наименование классификационной группы стандартов
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий и конструкторских документов
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей различных изделий
5	Правила изменения и обращения конструкторской документации
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов при макетном методе проектирования
9	Прочие стандарты

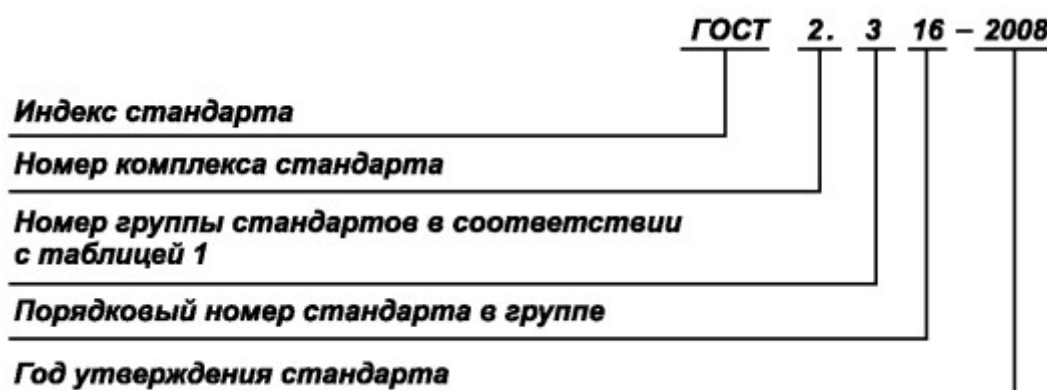


Рисунок 1.3 — Пример обозначения ГОСТ стандарта ЕСКД [7]

Обратите внимание, что на рисунке 1.3 приведена ссылка на таблицу источника [7], содержимое которой в данном пособии представлено содержимым таблицы 1.1.

Примечание — Стандарты ЕСКД постоянно обновляются и модифицируются, чтобы соответствовать современным научным и производственным требованиям. Действительно, описания источников [6, 7] показывают, что стандарты ГОСТ 1.0-2015 и ГОСТ 2.001-2013 (общие положения) заменили соответствующие стандарты ГОСТ 1.0-92 и ГОСТ 2.001-93.

Обратите внимание, что, *при изменении содержания стандартов*, их номера остались теми же самыми, а изменился только год их утверждения. Соответственно в данном учебном пособии используются только те стандарты, которые являются действующими на момент написания изложенного здесь текста. Чтобы убедиться в этом или проверить статус используемого источника, следует обратиться к услугам официального сайта www.gost.ru.

Далее ссылки на используемые стандарты будут приводиться без их полного описания в списке использованных источников.

1.2.2 Виды изделий ЕСКД

Виды и классификация изделий машиностроения и приборостроения для всех отраслей промышленности приведены в ГОСТ 2.101-2016 «Виды изделий».

Изделие — предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению в организации (на предприятии) по конструкторской документации. Изделиями могут быть: устройства, средства, машины, агрегаты, аппараты, приспособления, оборудование, установки, инструменты, механизмы, системы и другие. К изделиям допускается относить завершённые и незавершённые предметы производства, в том числе заготовки.

Составная часть изделия (СЧ) — изделие, выполняющее определённые функции в составе другого изделия.

Общая классификация видов изделия приведена на рисунке 1.4.

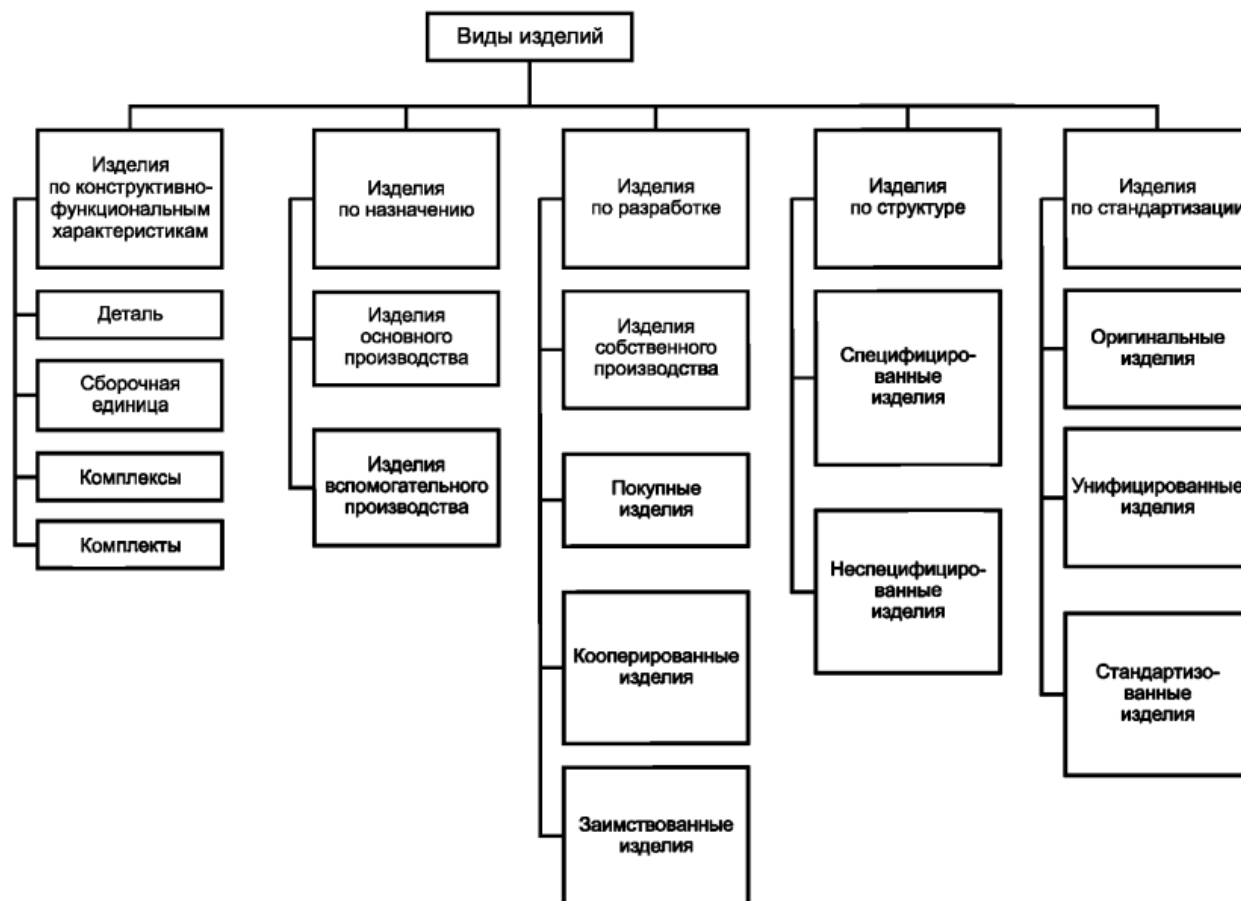


Рисунок 1.4 — Общая классификация видов изделия по ГОСТ 2.101-2016 (основные положения)

Особого пояснения требуют виды изделий, которые выделены по классификационному признаку «Конструктивно-функциональные характеристики».

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например валик из одного куска металла; литой корпус; пластина из биметаллического листа; печатная плата; маховичок из пластмассы (без арматуры); отрезок кабеля или провода заданной длины.

Сборочная единица — изделие, составные части (СЧ) которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клёпкой, сваркой, пайкой, запрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшиванием, укладкой и иными способами).

Примерами сборочных единиц могут быть: *автомобиль, станок, телефонный аппарат, редуктор, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.*

Комплекс — два и более специфицированных изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но **предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций**. Каждое из этих специфицированных изделий, вхо-

дящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса, например: *цех-автомат, завод-автомат, автоматическая телефонная станция, бурильная установка, изделие, состоящее из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления, корабль.*

Комплект — два и более изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих **общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера**, например: *комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары.*

Термины деталь, сборочная единица, комплекс и комплект постоянно используются во всех стандартах ЕСКД, поэтому их необходимо хорошо различать.

1.2.3 Конструкторская документация ЕСКД

Конструкторская документация — достаточно разнообразна, имеет ряд общепринятых наименований и сокращений, которые используются и уточняются в различных стандартах ЕСКД. Основные базовые понятия конструкторской документации приведены в ГОСТ 2.001-2013 [7] и практически без изменений распространяются на все стандарты.

Документ — зафиксированная на материальном носителе информация, обладающая признаками, позволяющими её идентифицировать.

Материальный носитель документа может быть *бумажным, электронным* (магнитные ленты, диски и другие носители информации) или *комбинированным*.

Информация документа логически разделена на две части:

- а) **содержательная часть** содержит информацию, ради которой документ был создан;
- б) **реквизитная часть** содержит признаки, по которым документ может быть идентифицирован и авторизован.

Конструкторский документ (КД) — документ, определяющий *конструкцию изделия*, имеющий содержательную и реквизитную части, а также установочные подписи должностных лиц.

Бумажный конструкторский документ — КД, выполненный на бумажном или аналогичном по назначению носителе (калька, микрофильмы и другие).

Электронный конструкторский документ (ЭКД, ЭД, ДЭ) — КД, выполненный программно техническими средствами *на электронном носителе*.

Текстовый документ — КД, содержащий в основном *сплошной текст* или текст разбитый на графы, к которым относят также *спецификации, технические условия, ведомости, таблицы* и подобные элементы.

Графический документ — КД, содержащий в основном *графическое изображение* изделия или его составных частей, отражающее взаимное расположение и функционирование этих частей, их внутренние и внешние связи, например, *чертежи, схемы, электронные модели изделия и его составные части*.

Конструкторская документация — совокупность конструкторских документов, содержащих данные для проектирования, изготовления, контроля, приёмки, поставки, эксплуатации, ремонта, модернизации и утилизации изделия.

Виды и комплектность конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности установлены в ГОСТ 2.102-2013 [8].

Примечание — В стандартах ЕСКД заявлено, что бумажные и электронные КД являются взаимозаменяемыми.

Современная проектная деятельность безусловно ориентируется на ЭКД, поскольку такой вид конструкторской документации позволяет более широко использовать вычислительную технику (ЭВМ). В любом случае наименования документов сохраняются, хотя реквизитная часть может быть изменена. Ряд КД имеют сокращённые обозначения (*код документа*), которые также используются в их реквизитной части. ГОСТ 2.102-2013 официально предоставляет список видов КД, приведённый в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Виды конструкторских документов и их сокращений [8]

№	Код	Вид документа	Определение документа
1	3D	Эталонная модель детали	Документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к её изготовлению и контролю. В зависимости от стадии разработки он включает в себя предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и другие.
2	-	Чертёж детали	Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.
3	ЭСБ	Эталонная модель сборочной единицы	Документ, содержащий электронную геометрическую модель сборочной единицы, соответствующие электронные геометрические модели составных частей, свойства, характеристики и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля. К ним также относят электронные модели для выполнения гидромонтажа и пневмомонтажа.
4	СБ	Сборочный чертёж	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж.
5	ВО	Чертёж общего вида	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.
6	ТЧ	Теоретический чертёж	Документ, определяющий геометрическую форму изделия и координаты расположения составных частей.
7	ГЧ	Габаритный чертёж	Документ, содержащий упрощённое контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.
8	МЭ	Электромонтажный чертёж	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия.
9	МЧ	Монтажный чертёж	Документ, содержащий контурное (упрощённое) изображение изделия и данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам также относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия.
10	УЧ	Упаковочный чертёж	Документ, содержащий данные, необходимые для выполнения упаковывания изделия.
11	ГОСТ 2.701	Схемы	Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.
12	ЭС	Электронная структура изделия	Документ, содержащий структуру изделия (сборочной единицы, комплекса или комплекта) и другие данные в зависимости от его назначения.

№	Код	Вид документа	Определение документа
13	-	Спецификация	Документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.
14	ВС	Ведомость спецификаций	Документ, содержащий перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости.
15	ВД	Ведомость ссылочных документов	Документ, содержащий перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах изделия.
16	ВП	Ведомость покупных изделий	Документ, содержащий перечень покупных изделий, применённых в разрабатываемом изделии.
17	ВИ	Ведомость разрешения применения покупных изделий	Документ, содержащий перечень покупных изделий, разрешённых к применению в соответствии с ГОСТ 2.124.
18	ДП	Ведомость держателей подлинников	Документ, содержащий перечень предприятий (организаций), на которых хранят подлинники документов, разработанных и/или применённых для данного изделия.
19	ПТ	Ведомость технического предложения	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в техническое предложение.
20	ЭП	Ведомость эскизного проекта	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в эскизный проект.
21	ТП	Ведомость технического проекта	Документ, содержащий перечень документов, вошедших в технический проект.
22	ПЗ	Пояснительная записка	Документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.
23	ВДЭ	Ведомость электронных документов	Документ, содержащий перечень электронных КД.
24	ТУ	Технические условия	Документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приёмке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других КД.
25	ПМ	Программа и методика испытаний	Документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля.
26	ТБ	Таблица	Документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведённые в таблицу.
27	РР	Расчёты	Документ, содержащий расчёты параметров и величин, например расчёт размерных цепей, расчёт на прочность и др.
28	И...	Инструкция	Документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле, приёмке и т. п.).
29	Д...	Документы прочие	-
30	по ГОСТ 2.601	Эксплуатационные документы	Документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации.
31	по ГОСТ 2.602	Ремонтные документы	Документы, содержащие данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях.
32	2D	Электронные чертежи	-
33	ТЭ	Текстовый электронный КД	По ГОСТ 2.051-2013, ГОСТ 2.058-2016, ГОСТ Р 2.105-2019, ГОСТ Р 2.106-2019.

Приведённая таблица показывает, что конструкторская документация — достаточно разнообразна по своим видам, что требует от инженеров-конструкторов достаточно качественной профессиональной подготовки.

По характеру использования, все документы делятся на пять категорий, представленных в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Категории документов по характеру использования [8]

№	Характер использования	Определение
0	Документ, находящийся в разработке	Документ не подписанный (не заверенный) разработчиком и предназначенный для дальнейшей проработки.
1	Оригинал	Документ, выполненный на любом материале, подписанный (заверенный) разработчиком и предназначенный для изготовления подлинника.
2	Подлинник	Документ, оформленный подлинными установленными подписями и позволяющий многократное воспроизведение с них копий.
3	Дубликат	Копия подлинника, обеспечивающая идентичность воспроизведения подлинника и позволяющая снятие с них копий.
4	Копия	Документ, выполненный способом, обеспечивающим его идентичность с подлинником (дубликатом) и предназначенный для непосредственного использования.

Для IT-специалистов особый интерес представляют электронные виды конструкторских документов. Современная вычислительная техника позволяет однозначно преобразовывать ЭКД в бумажную форму КД. Для обеспечения таких преобразований стандарты ЕСКД включают набор ГОСТ, представленных в таблице 1.4.

Таблица 1.4 — Стандарты ЕСКД для создания ЭКД

ГОСТ	Источник	Название
2.051-2013	[9]	Электронные документы. Общие положения.
2.052-2021	[10]	Электронная модель изделия. Общие положения.
2.053-2013	[11]	Электронная структура изделия. Общие положения.
2.058-2013	[12]	Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов.

Подробный анализ этих стандартов выходит за рамки данного раздела. Здесь мы рассмотрим только общую организацию данных ЭКД, определённую в ГОСТ 2.051-2013 [9] и представленную на рисунке 1.5, а соответствующие обозначения, представленные на этом рисунке, имеют следующую трактовку:

ДЭ — то же самое, что и электронный конструкторский документ (ЭКД).

Информационная единица (ИЕ) — файл или набор взаимосвязанных файлов, рассматриваемый как единое целое.

Содержательная часть — один или несколько файлов ИЕ, содержащих необходимую информацию об изделии. Содержательная часть может состоять раздельно или в любом сочетании из текстовой, графической, мультимедийной информацией.

Реквизитная часть — структурированный (сгруппированный) по назначению набор реквизитов и их значений. Номенклатура реквизитов ДЭ определяется по ГОСТ 2.104-2006 [14]. В реквизитную часть ДЭ допускается вводить дополнительные реквизиты с учётом особенностей применения и обращения ДЭ. Номенклатуру дополнительных реквизитов, правила

выполнения и отображения их в визуально воспринимаемом виде устанавливает организация-разработчик ДЭ.

С точки зрения IT-специалиста большинство стандартов ЕСКД, включая ГОСТы представленные в таблице 1.3, задают форматы файлов информационных единиц (ИЕ), форматы реквизитной и содержательной частей. Изучение этих форматов — тематика последующих разделов данного учебного пособия.

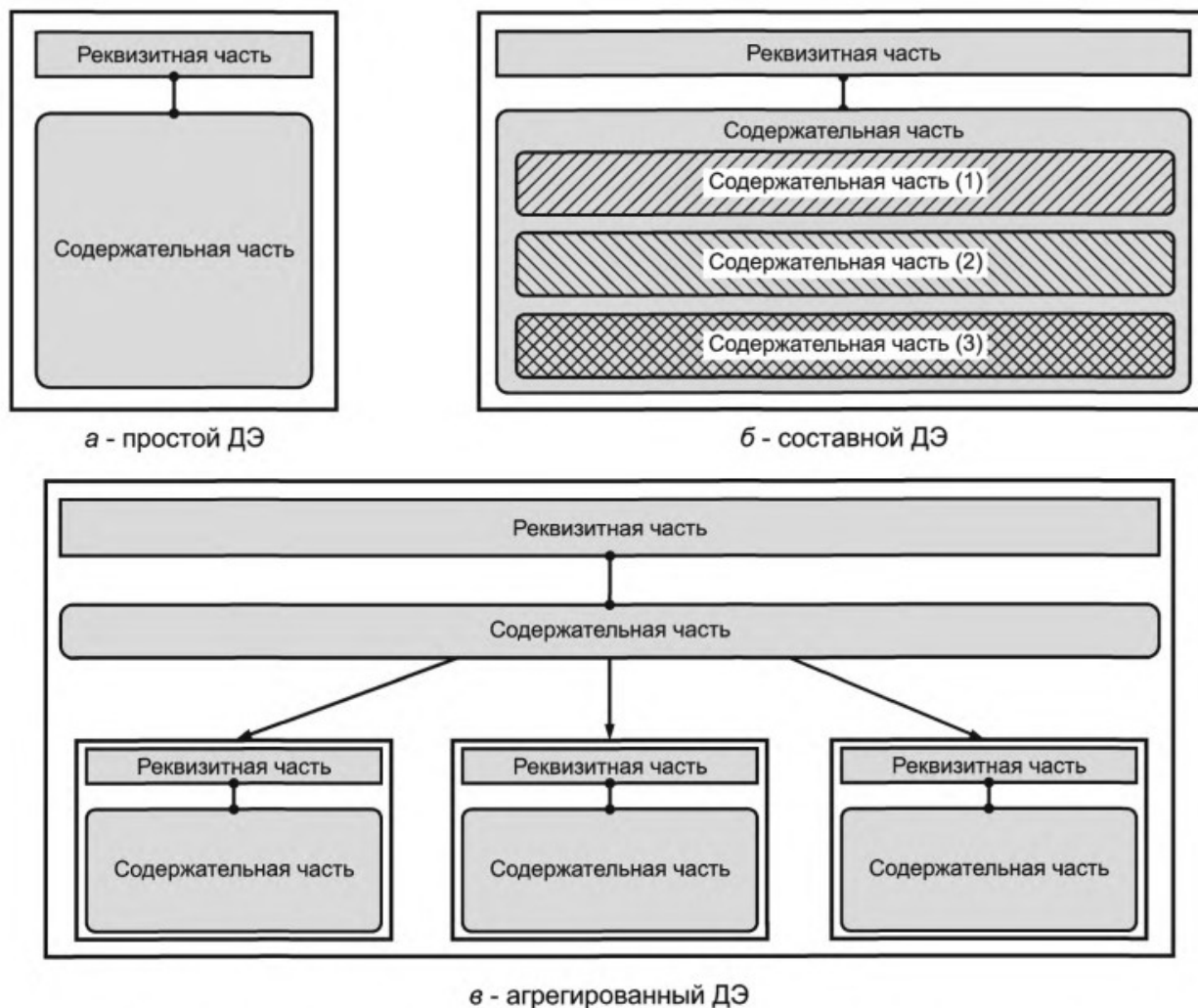


Рисунок 1.5 - Общая организация данных ДЭ (ЭКД) по ГОСТ 2.051-2013 [9]

1.2.4 Основные надписи документов, выполненных по стандартам ЕСКД

Как показано выше, значительная часть конструкторской деятельности связана с созданием документов, которые затем используются инженерами-технологами и другими специалистами. В то время как содержательная часть КД может быть доступна для понимания только узкому кругу специалистов, реквизитную часть КД должны понимать все, даже IT-специалисты.

ГОСТ 2.301-68 «Форматы» [13] устанавливает форматы листов чертежей и других документов, выполненных в электронной и (или) бумажной форме, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи» [14] устанавливает формы, размеры и номенклатуру реквизитов, а также порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в КД, предусмотренных стандартами ЕСКД.

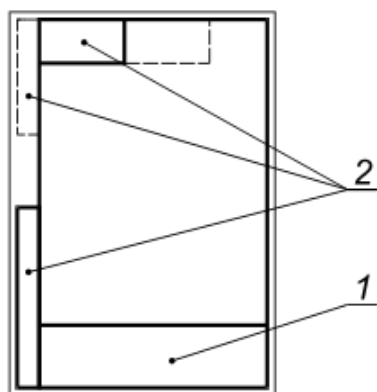
Эти стандарты предъявляют общие требования к оформлению КД:

- а) в таблице 1.5 представлены обозначения и размеры сторон форматов документов;
- б) рисунок 1.6 показывает размещение основной надписи и дополнительных граф для документов формата **A4**;
- в) рисунок 1.7 показывает размещение этих же элементов для документов форматов *больше A4*, размещённых вдоль короткой стороны листа.

Таблица 1.5 — Обозначения и размеры сторон основных форматов [13]

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

Для формата A4



Для форматов больше A4 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа

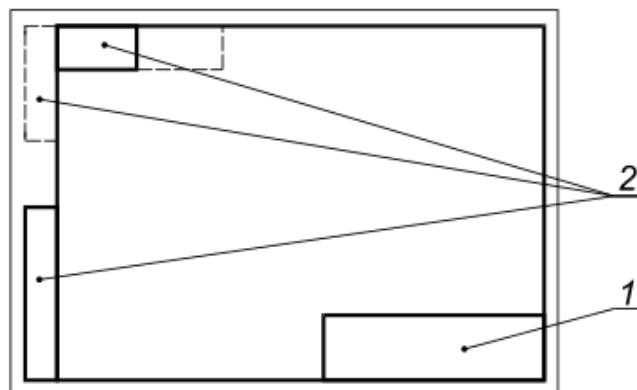


Рисунок 1.6 — Размещение основной надписи и дополнительных граф к ней для документа формата A4 [14]:
1 — основная надпись; 2 — дополнительные графы к основной надписи

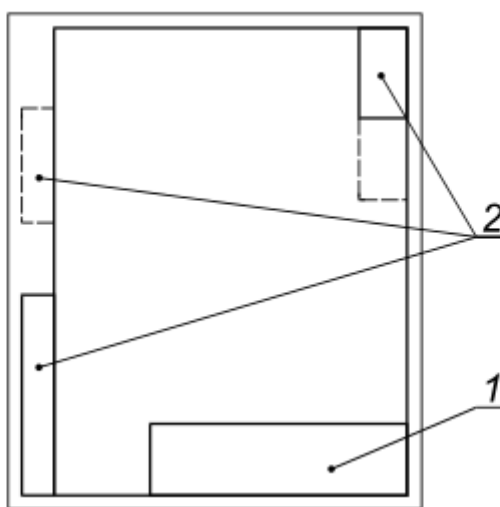


Рисунок 1.7 — Размещение надписей для документа формата больше A4 вдоль короткой стороны листа [14]:
1 — основная надпись; 2 — дополнительные графы к основной надписи

Стандарт ГОСТ 2.104-2006 устанавливает **36 реквизитов**, каждый из которых имеет один или несколько атрибутов (составных реквизитов).

Атрибуты реквизитов могут быть:

- а) **обязательными** — должны присутствовать в реквизитной части документов;
- б) **необязательными** - необходимость в КД устанавливается разработчиком.

Для примера, на рисунке 1.8 приведена структурная разметка основной надписи и дополнительных граф для первого (заглавного) листа текстовых конструкторских документов.

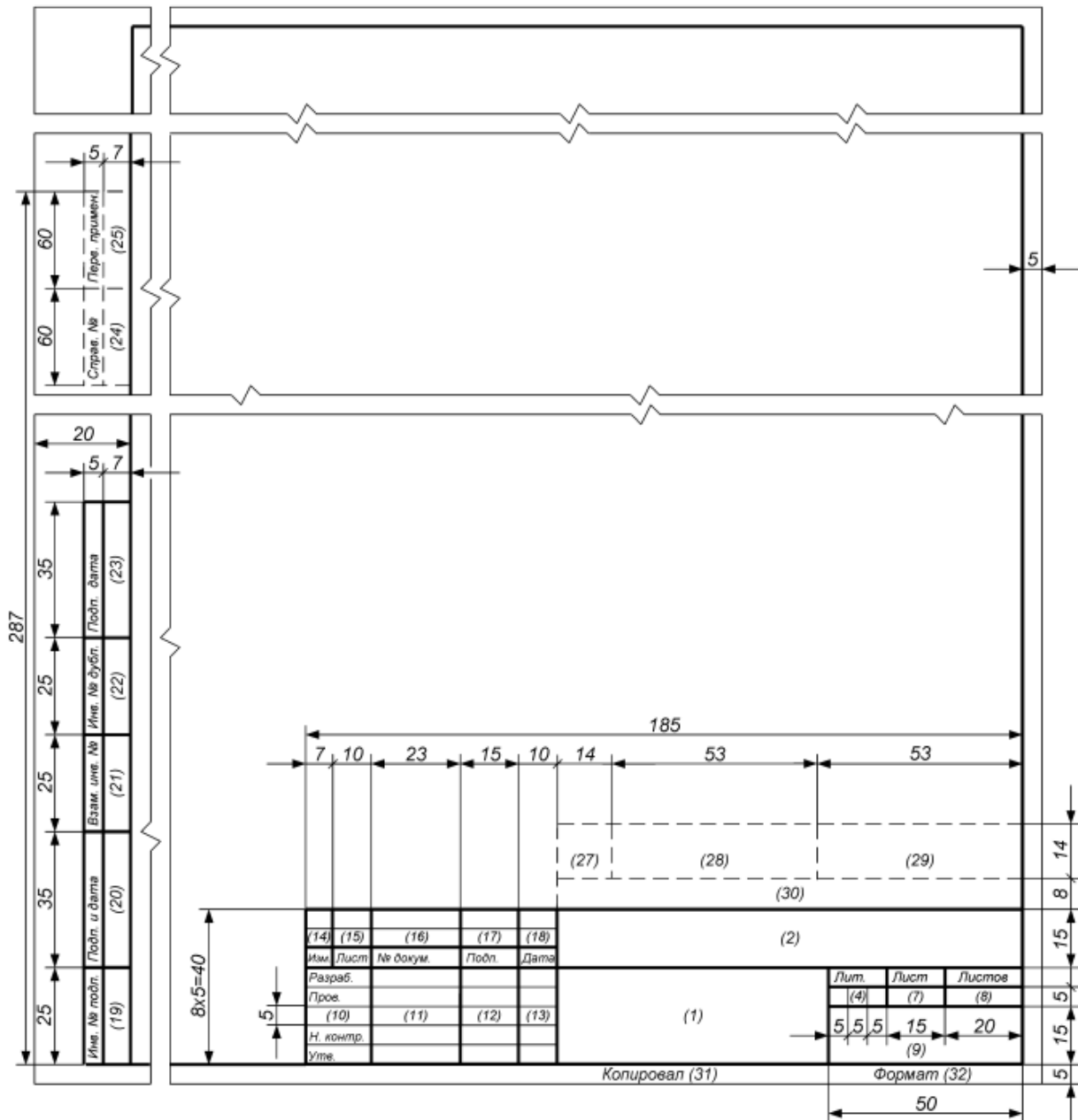


Рисунок 1.8 - Структурная разметка основной надписи и дополнительных граф для первого (заглавного) листа текстовых конструкторских документов [14]

Следует обратить особое внимание на графы (1) и (2), которые обозначают:

- (1) - обязательный реквизит «Наименование», определяемый атрибутами «Наименование изделия» или «Наименование документа», если этому документу присвоен код (см. «Вид документа» и «Код» в таблице 1.2);

- (2) - обязательный реквизит «Обозначение и код документа», определяемый атрибутами «Обозначение документа» по ГОСТ 2.201-80 [15] и «Код документа», если его код определён ГОСТ 2.102-2013 [8], ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602 или ГОСТ 2.701.

ГОСТ 2.201-80 «Обозначение изделия и конструкторских документов» [15] — единая обезличенная классификационная система обозначения изделий основного и вспомогательного производства и их конструкторских документов всех отраслей промышленности при разработке, изготовлении, эксплуатации и ремонте.

Основной конструкторский документ — документ изделия полностью и однозначно определяющий данное изделие и его состав:

- а) **чертёж детали** — для отдельной детали;
- б) **спецификация** — для сборочных единиц, комплексов и комплектов.

Обозначение изделия — структура обозначения основного конструкторского документа, показанная на рисунке 1.9:

- а) **код организации разработчика** — четырёхбуквенный код организации, полученный по официальной заявке, например, от РСТ «СТАНДАРТИНФОРМ» по адресу: <https://www.gostinfo.ru/pages/Maintask/exdevclass/>;
- б) **код классификационной характеристики** — код изделия, полученный по классификатору ЕСКД, например, <https://classinform.ru/ok-eskd.html>;
- в) **порядковый регистрационный номер** - присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика.

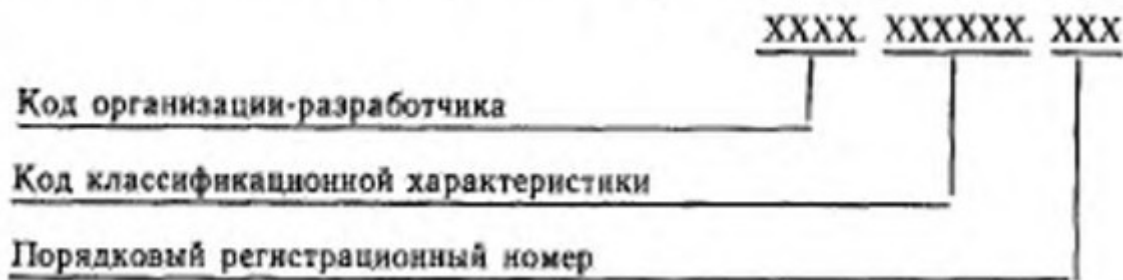


Рисунок 1.9 — Структура обозначения основного конструкторского документа ГОСТ 2.201-80 [15]

Примечание — Для учебных целей ОС ТУСУР 01-2013 рекомендует в качестве кода разработчика использовать аббревиатуру выпускающей кафедры по профилю или специализации, где обучается студент, а порядковый регистрационный номер разработки или номер редакции документа назначать по указаниям кафедры, организующей проектирование.

Неосновной конструкторский документ — документ, дополняющий основной конструкторский документ. Его обозначение должно состоять из *обозначения основного КД* и (через пробел) — *код вида документа*, заданный согласно обозначениям кодов, представленных в таблице 1.2, и номера этого вида документа.

1.2.5 Стадии разработки ЕСКД

ГОСТ 2.103-2013, имеющий название «Стадии разработки» [16], устанавливает стадии разработки конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности и этапы выполнения соответствующих работ. Этот стандарт также вводит ряд важных специальных терминов, необходимых для правильного понимания тематики предмета изучения.

Опытный образец — образец изделия, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путём испытаний соответствия его заданным техническим

требованиям с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению.

Опытная партия — совокупность опытных образцов или определённый объём нештучной продукции, изготовленные за установленный интервал времени по вновь разработанной одной и той же документации для контроля соответствия продукции заданным требованиям и принятия решения о постановке её на производство.

Проектная конструкторская документация — КД, выполненная на стадиях *технического предложения, эскизного и технического проектов*.

Рабочая конструкторская документация — КД, выполненная на стадиях опытного образца (опытной партии) серийного (массового) и единичного производства и предназначенная для *изготовления, эксплуатации, ремонта (модернизации) и утилизации изделия*.

Литера — *реквизит* конструкторского документа (комплекта конструкторских документов) на изделие, соответствующий стадии его разработки.

Стадия разработки конструкторской документации — законченная часть процесса разработки конструкторской документации, состоящая из этапов выполнения работ и характеризующаяся достижением заданного результата. Согласно ГОСТ 2.103-2013 [16] таких частей — две:

- 1) разработка проектной КД;
- 2) разработка рабочей КД.

Стадии и этапы первой части, соответствующие разработке проектной КД и функциональному блоку **А1** рисунка 1.2, представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 — Стадии и этапы части «Разработка проектной КД» ГОСТ 2.103-2013 [16]

№	Стадия разработки	Этапы выполнения работ
1	Разработка технического предложения (по ГОСТ 2.118-2013)	Изучение и анализ ТЗ.
		Подбор материалов.
		Разработка КД технического предложения.
		Рассмотрение и утверждение КД технического предложения с присвоением КД литеры «П».
2	Разработка эскизного проекта (по ГОСТ 2.119-2013)	Разработка эскизного проекта.
		Изготовление, испытание или разработка и анализ материальных или электронных макетов (при необходимости).
		Рассмотрение и утверждение КД эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э».
3	Разработка технического проекта (по ГОСТ 2.120-2013)	Разработка технического проекта.
		Изготовление и испытание материальных макетов (при необходимости) и/или разработка, анализ электронных макетов (при необходимости).
		Рассмотрение и утверждение КД технического проекта с присвоением КД литеры «Т».

Примечание — Описание стадий и этапов части «Разработка рабочей КД» выходит за рамки изучаемой дисциплины, хотя они тесно связаны с технологическим проектированием, поскольку связаны с разработкой КД опытного образца, опытной партии, массового и единичного производства изделия. В целом эта часть конструкторских работ обеспечивает парадигму жизненного цикла изделия.

Жизненный цикл изделия (ЖЦИ) — *абстрактные стадии* существования изделия, которые согласно стандарту ГОСТ 2.103—2013 [16] включают:

- 1) маркетинговые научные исследования;
- 2) проектирование (разработка);
- 3) изготовление;
- 4) контроль (приёмка);
- 5) эксплуатация;
- 6) ремонт;
- 7) утилизация.

1.3 Технологическое проектирование

Технологическое проектирование — вид деятельности по созданию целевого технологического прототипа изделия, осуществляемый инженером-технологом, контролирующим конструкторскую документацию (КД) на предмет соответствия её требованиям технологического процесса (ТП), формируя обратную связь по управлению в виде «Требования по ТП».

Функция технологического проектирования, представленная на рисунке 1.2 функциональным блоком *A2*, осуществляет преобразование исходных объектов «Исходные прототипы», в целевой прототип изделия, представленный документацией: «Набор ТД».

Управление функцией технологического проектирования осуществляется двумя внешними воздействиями:

- а) целевым внешним воздействием, обозначенным как «*Задание на проектирование*»;
- б) ограничивающим внешним воздействием, обозначенным как *ЕСТД*.

Поскольку информационная часть технологической деятельности ограничивается требованиями ЕСТД, то рассмотрим эти требования в следующих четырёх аспектах:

- а) *общие положения* о ГОСТ ЕСТД;
- б) *основные термины* и понятия ЕСТД;
- в) *стадии разработки* и виды документов по стандартам ЕСТД;
- г) *маршрутное и операционное описание* технологических процессов.

1.3.1 Общие положения по ГОСТ ЕСТД

С целью регулирования технологической деятельности разработан комплекс стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД). Общие положения по стандартизации такой деятельности изложены в ГОСТ 3.1001–2011 «Общие положения» [17].

ЕСТД — комплекс межгосударственных стандартов и рекомендаций, устанавливающих правила и положения по разработке и оформлению технологической документации, которая применяется для изготовления, контроля и ремонта изделий. Стандарты ЕСТД распространяются на изделия машиностроения и приборостроения. Допускается распространение этих требований и правил на технологическую документацию, разрабатываемую и применяемую организациями и предприятиями других отраслей промышленности.

Все стандарты ЕСТД разделены на десять классификационных групп, представленных в таблице 1.6, а на рисунке 1.10 показан общий пример обозначения конкретного стандарта относящегося к первому подклассу четвёртой группы.

Таблица 1.6 - Классификационные группы стандартов ЕСТД [17]

Номер группы	Наименование группы
0	Общие положения
1	Общие требования к документам
2	Классификация и обозначение технологических документов
3	Общие требования к документам на машинных носителях
4	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на специализированные процессы по методам изготовления или ремонта изделий
5	Основное производство. Формы документов и правила оформления на испытания и контроль
6	Вспомогательное производство. Формы документов и правила их оформления
7	Правила заполнения технологических документов
8	Прочие
9	Информационная база

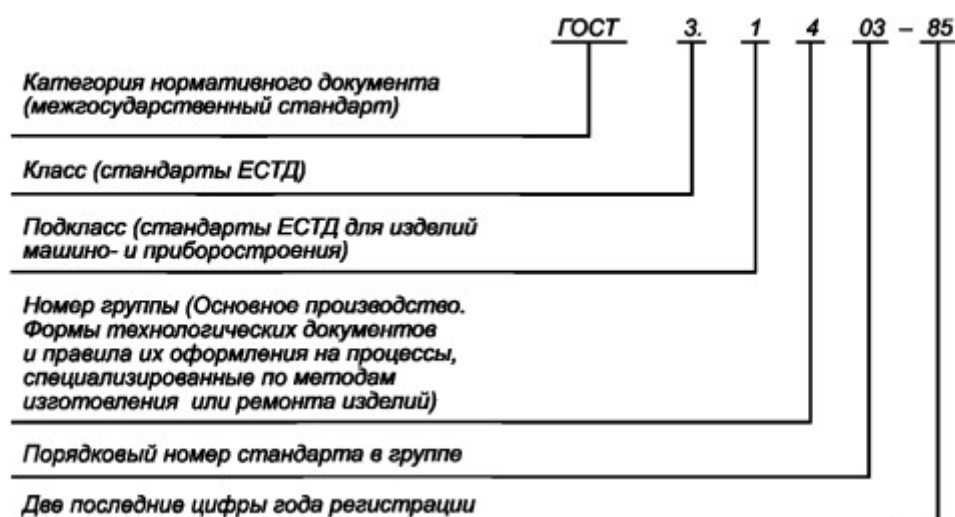


Рисунок 1.10 - Пример обозначения ГОСТ стандарта ЕСТД [17]

Примечание — Следует обратить внимание, что для обозначения года выпуска стандартов, в текущем тысячелетии, используются четыре цифры. Кроме того, на технологическую документацию распространяются требования стандартов ЕСКД, перечисленных в таблице 1.7.

Таблица 1.7 — Стандарты ЕСКД, распространяемые на технологическую документацию [17]

Обозначение стандарта	Наименование стандарта
ГОСТ 2.004	ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ
ГОСТ 2.051	ЕСКД. Электронные документы. Общие положения
ГОСТ 2.052	ЕСКД. Электронная модель изделия. Общие положения
ГОСТ 2.053	ЕСКД. Электронная структура изделия. Общие положения
ГОСТ 2.501	ЕСКД. Правила учёта и хранения
ГОСТ 2.502	ЕСКД. Правила дублирования
ГОСТ 2.503	ЕСКД. Правила внесения изменений

1.3.2 Основные термины и понятия ЕСТД

Примечание — Если конструкторское проектирование больше отвечает на вопрос «Что нужно сделать?», то технологическое проектирование отвечает на вопрос «Как это нужно сделать?».

Основные термины и понятия, которыми следует пользоваться в области технологии производства изделий машиностроения, установлены ГОСТ 3.1109–82 «Термины и определения основных понятий» [18].

Предметы труда — изделия и заготовки изделий.

Технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда; он может быть отнесён к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологический метод — совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий при выполнении *формообразования, обработки* или *сборки, перемещения*, включая технический контроль, испытания в технологическом процессе изготовления или ремонта, установленных безотносительно к наименованию, типоразмеру или исполнению изделия.

Технологическая база — *поверхность, сочетание поверхностей, ось* или *точка*, используемые для определения положения предмета труда в процессе изготовления; *поверхность, сочетание поверхностей, ось* или *точка* принадлежат предмету труда.

Технологический документ — *графический* или *текстовый документ*, который отдельно или в совокупности с другими документами определяет технологический процесс или операцию изготовления изделия.

Комплект документов технологического процесса (операции) — совокупность технологических документов, необходимых и достаточных для выполнения технологического процесса (операции).

Комплект технологической документации — совокупность комплектов документов *технологических процессов* и *отдельных документов*, необходимых и достаточных для выполнения технологических процессов при изготовлении и ремонте изделия или его составных частей.

Комплект проектной технологической документации — комплект технологической документации, предназначенный для применения *при проектировании* или *реконструкции предприятия*.

Единичный технологический процесс — технологический процесс *изготовления* или *ремонта изделия одного наименования, типоразмера* и *исполнения*, независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс — технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс — технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но *общими технологическими признаками*.

Типовая технологическая операция — технологическая операция, характеризующаяся единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповая технологическая операция — технологическая операция совместного изготовления группы изделий с разными конструктивными, но *общими технологическими признаками*.

В набор технологических терминов также входят *методы обработки изделий*: *формообразование, литьё, формование, спекание, обработка, черновая обработка, чистовая обработка, механическая обработка, раскрой материала, обработка давлением, ковка, штамповка, поверхностное пластическое деформирование, обработка резанием, термическая обработка, электрофизическая обработка, электрохимическая обработка, гальванопластика, слесарная обработка, сборка, монтаж, сварка, клёпка, пайка, склеивание, нанесение покрытия, технический контроль, контроль технологического процесса, маркирование, упаковывание, консервация* и *расконсервация*.

Определяются также: элементы технологических операций, характеристики технологических процессов (операций), технологические нормы, средства выполнения технологического процесса и предметы труда.

Примечание — Все перечисленные понятия и термины активно используются с целью формирования набора технологической документации - «Набора ТД» (согласно обозначениям рисунка 1.2).

1.3.3 Стадии разработки и виды документов по стандартам ЕСТД

Функциональный блок *A2* «Выполнить технологическое проектирование», показанный на рисунке 1.2, должен выполняться согласно требованиям стандартов ЕСТД. Стадии разработки и виды изготовления соответствующих документов регламентируются ГОСТ 3.1102–2011 «Стадии разработки и виды документов. Общие положения» [19].

Примечание — Согласно ГОСТ 3.1102-2011, стадии разработки технологической документации (ТД) определяются стадиями разработки конструкторской документации (КД), согласно ГОСТ 2.103-2013.

Непосредственная разработка *проектной ТД* привязана только к трём стадиям разработки *проектной КД*, как это представлено в таблице 1.8.

Таблица 1.8 — Связь стадий проектирования ТД и КД [19, ГОСТ 3.1102-2011, раздел 3]

Стадии ЕСКД	Стадии ЕСТД	Содержание работ по ЕСТД
1. Разработка технического предложения	Нет	Нет
2. Разработка эскизного проекта	Предварительный проект	Разработка технологической документации, предназначенной для изготовления и испытания материального макета изделия и (или) его составных частей с присвоением литеры «П», на основании конструкторской документации, выполненной на стадиях «Эскизный проект» и «Технический проект»
3. Разработка технического проекта		

Стадии разработки *рабочей ТД* устанавливает разработчик документации, в соответствии со стадиями разработки *рабочей КД* и в данном пособии не рассматриваются.

ГОСТ 3.1102–2011 определяет также основные *виды и коды* ТД, перечень которых представлен в таблицах 1.9 и 1.10.

Таблица 1.9 — Виды и коды технологических документов общего назначения [19]

№ п/п	Вид документа	Код вида документа	Назначение документа
1	Титульный лист	ТЛ	Документ предназначен для оформления: - комплекта(ов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия; - комплекта(ов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия); - отдельных видов технологических документов. Является первым листом комплекта(ов) технологических документов.
2	Карта эскизов	КЭ	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения.
3	Технологическая инструкция	ТИ	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приёмов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Применяют в целях сокращения объёма разрабатываемой технологической документации.

Таблица 1.10 — Виды и коды технологических документов специального назначения [19]

№ п/п	Вид документа	Код вида документа	Назначение документа
1	Маршрутная карта	МК	<i>Обязательный документ</i> предназначен для <i>маршрутного или маршрутно-операционного описания</i> технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.
2	Карта технологического процесса	КТП	Документ предназначен для операционного описания <i>технологического процесса</i> изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.
3	Карта типового (группового) технологического процесса	КТТП	Документ предназначен для описания <i>типового (группового) технологического процесса</i> изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяют совместно с ВТП.
4	Операционная карта	ОК	Документ предназначен для описания <i>технологической операции</i> с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяют при разработке единичных технологических процессов.
5	Карта типовой (групповой) операции	КТО	Документ предназначен для описания <i>типовой (групповой) технологической операции</i> с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяют совместно с ВТО.
6	Карта технологической информации	КТИ	Документ предназначен для указания <i>дополнительной информации</i> , необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов). Допускается применять при разработке типовых (групповых) технологических процессов (ГТП, ГТП) для указания переменной информации с привязкой к обозначению изделия (составной его части).
7	Комплектовочная карта	КК	Документ предназначен для указания <i>данных о деталях, сборочных единицах и материалах</i> , входящих в комплект собираемого изделия. Применяют при разработке технологических процессов сборки. Допускается применять КК для указания данных о вспомогательных материалах в других технологических процессах.
8	Технико-нормировочная карта	ТНК	Документ предназначен для <i>разработки расчётных данных к технологической операции по нормам времени (выработки)</i> , описания выполняемых приёмов. Применяют при решении задач нормирования трудозатрат.
9	Карта кодирования информации	ККИ	Документ предназначен для <i>кодирования информации</i> , используемой при разработке <i>управляющей программы к станкам с программным управлением (ПУ)</i> .

№ п/п	Вид документа	Код вида документа	Назначение документа
10	Карта наладки	КН	Документ предназначен для указания дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяют при многопозиционной обработке для станков с ПУ, при групповых методах обработки и т.д.
11	Ведомость технологических маршрутов	ВТМ	Документ предназначен для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) по подразделениям предприятия. Применяют для решения технологических и производственных задач.
12	Ведомость оснастки	ВО	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия).
13	Ведомость оборудования	ВОБ	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия).
14	Ведомость материалов	ВМ	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия) для решения задач по нормированию материалов.
15	Ведомость специфицированных норм расхода материалов	ВСН	Документ предназначен для указания данных о нормах расхода материалов для изготовления или ремонта изделия. Применяют для решения задач по нормированию расхода материалов на изделие.
16	Ведомость удельных норм расхода материалов	ВУН	Документ предназначен для указания данных об удельных нормах расхода материалов, используемых при выполнении технологических процессов и операций изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия). Применяют для решения задач по нормированию расхода материалов.
17	Технологическая ведомость	ТВ	Документ предназначен для комплексного указания технологической и организационной информации, используемой перед разработкой комплекта(ов) документов на технологические процессы (операции). Применяют на одном из первых этапов технологической подготовки производства (ТПП).
18	Ведомость применяемости	ВП	Документ предназначен для указания применяемости полного состава деталей, сборочных единиц, средств технологического оснащения и др. Применяют для решения задач ТПП
19	Ведомость сборки изделия	ВСИ	Документ предназначен для указания состава деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава.
20	Ведомость операций	ВОП	Документ предназначен для операционного описания технологических операций одного вида формообразования, обработки, сборки и ремонта изделия в технологической последовательности с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения и норм времени. Применяют совместно с МК или КТП.
21	Ведомость деталей к типовому (групповому) технологическому процессу	ВТП (ВТО)	Документ предназначен для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) технологическому процессу (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах (операции).

№ п/п	Вид документа	Код вида документа	Назначение документа
22	Ведомость деталей, изготовленных из отходов	ВДО	Документ предназначен для указания данных о деталях, изготовленных из отходов при раскрое металла.
23	Ведомость дефектации	ВД	Документ предназначен для указания изделий (составных частей изделий), подлежащих ремонту, с определением вида ремонта, дефектов и для указания дополнительной технологической информации. Применяют при ремонте изделий (составных частей изделий).
24	Ведомость стержней	ВСТ	Документ предназначен для указания информации, необходимой при изготовлении стержней для отливок.
25	Ведомость технологических документов	ВДД	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий). Применяют при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое.
26	Ведомость держателей подлинников	ВДП	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых при передаче комплекта документов на микрофильмирование.

Примечание — Приведённая таблица показывает, что технологическая документация, как и конструкторская, — достаточно разнообразна по своим видам, что требует от проектировщиков качественной профессиональной подготовки. Формы, размеры и порядок заполнения граф основных надписей в таких документах определены в ГОСТ 3.1103–2011 «Основные надписи. Общие положения» [20]. Хотя форматы ТД должны соответствовать форматам КД определенным ГОСТ 2.301 (ширина подшивки 20 мм, а остальные стороны — по 5 мм), основные надписи на них представлены шестью информационными блоками, показанными в таблице 1.11.

Таблица 1.11 — Структура основной надписи технологической документации [20]

Номер блока	Сокращённое обозначение	Назначение информационного блока
1	Б1	Блок адресной (поисковой) информации.
2	Б2	Блок состава исполнителей.
3	Б3	Блок внесения изменений.
4	Б4	Блок дополнительной информации.
5	Б5	Блок вспомогательной информации.
6	Б6	Блок вида и назначения документа.

Для основной надписи технологических документов определены 33 обязательных и необязательных реквизита, часть из которых представлена атрибутами.

Для отображения реквизитов (атрибутов) определено 37 граф, которые распределены по указанным выше шести информационным блокам и, как правило, документация содержит:

- а) код вида документа;
- б) обозначение изделия или классификационного кода;
- в) наименование изделия или применяемого метода.

В целом размещение информационных блоков подчиняется множеству ограничений, что требует нетривиальных усилий для правильного их размещения.

Покажем это на примере структуры маршрутной карты технологического процесса.

1.3.4 Маршрутное и операционное описание технологических процессов

В соответствии с ГОСТ 3.1109–82 **маршрутное описание технологического процесса** — это сокращённое описание всех технологических операций в маршрутной карте (МК) в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. **Требования к заполнению маршрутных карт** устанавливает ГОСТ 3.1118–82 «Формы и правила оформления маршрутных карт» [21].

На рисунках 1.11, 1.12 и 1.13 показаны общие структуры ТД «Маршрутная карта» для *первого* (заглавного), *оборотного* и *последующих листов* такого вида документов.

Рисунок 1.11 — Структура первого (заглавного) листа маршрутной карты формата А4 [21]

Более подробное представление о технологических процессах даётся с помощью операционных и маршрутно-операционных описаний.

Операционное описание технологического процесса — это полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Требования к построению и заполнению *операционных карт* (ОК) устанавливается с помощью форм 1, 1а и 2а, 3 и 3а, описанных в ГОСТ 3.1404–86 «Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием» [22].

Правила оформления документов очень сильно зависят от вида применяемого производственного оборудования и далее не рассматриваются.

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82										Обозначение документа										
Код, наименование операции					Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Т.л.з	Т.шт.
Кл.	Наименование детали, сб. единицы или материала									Обозначение, код										
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	6	27	28	29	30	31	
А01																				
Б02																				
К03																				
04																				
05																				
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				

По ГОСТ 3.1103-82 По ГОСТ 3.1103-82

297

19 × 8,5 = 161,5

Рисунок 1.12 — Структура оборотной стороны листа маршрутной карты формата А4 [21]

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1б

По ГОСТ 3.1103-82

По ГОСТ 3.1103-82										Обозначение документа										
Код, наименование операции					Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Т.л.з	Т.шт.
Кл.	Наименование детали, сб. единицы или материала									Обозначение, код										
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	6	27	28	29	30	31	
А01																				
Б02																				
К03																				
04																				
05																				
06																				
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				

По ГОСТ 3.1103-82

297

17 × 8,5 = 144,5

Рисунок 1.13 — Структура последующих листов маршрутной карты формата А4 [21]

Маршрутно-операционное описание технологического процесса — это сокращённое *описание технологических операций* в МК, в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций.

В целом, *операционное и маршрутно-операционное описание* технологического процесса применяется во всех типах производства. Стандарт предусматривает возможность использования в качестве технологических документов различных форм маршрутных карт (МК): *карт технологического процесса* (КТП), *карт типового технологического процесса* (КТТП), *карт технологической информации* (КТИ).

Наряду с ТД специального назначения имеется ГОСТ 3.1105-2011 «Формы и правила оформления документов общего назначения» [23]: *титульных листов, технологических инструкций и карт эскизов*, разрабатываемых с применением различных методов проектирования. Здесь также отмечается преемственность ТД правилам оформления конструкторской документации и *особо выделяется термин* «Электронный технологический документ», определённый в ГОСТ 3.1001-2011 [17].

Электронный технологический документ (ЭТД) — документ, выполненный как *структурированный набор данных*, создаваемых программно-техническим средством и имеющий содержательную и реквизитную части, в том числе *установленные подписи*.

Установленные подписи в таком электронном документе выполняют в виде *электронной цифровой подписи*.

Тем не менее, несмотря на возможность использования ЭТД, широко применяются правила и порядок учёта обозначений технологической документации, выполненной на бумажных носителях согласно ГОСТ 3.1201-85 «Система обозначения технологической документации» [24]. Общий вид таких обозначений показан на рисунке 1.14.

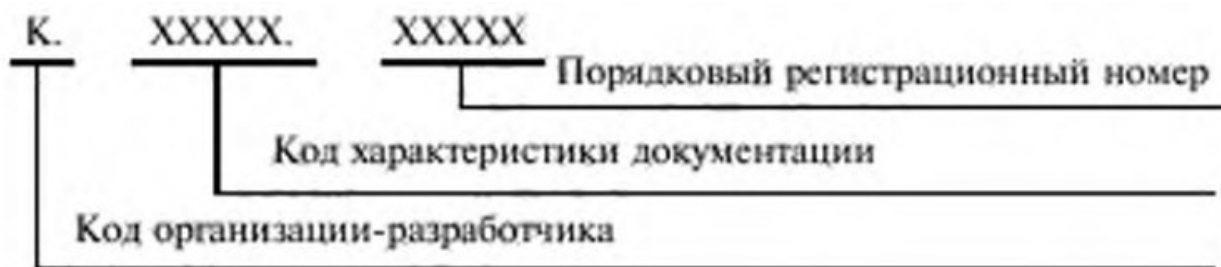


Рисунок 1.14 — Общая структура системы обозначения технологической документации [24]

Код организации-разработчика — код определённый в соответствии с требованиями отраслевых НТД.

Код характеристики документации — структура, соответствующая рисунку 1.15.

Порядковый регистрационный номер — число, с наименьшим значением 00001.

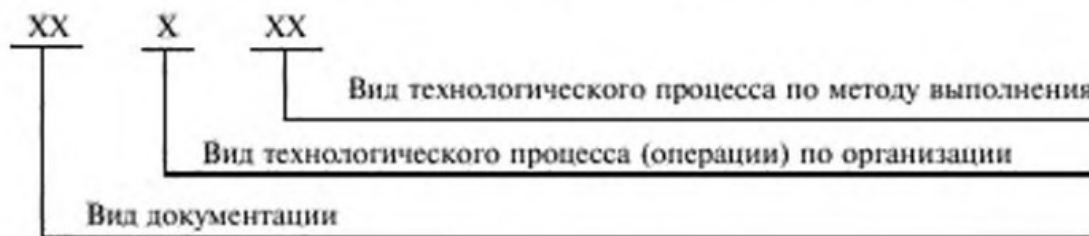


Рисунок 1.15 — Структура кода характеристики документации [24]

1.4 Проектирование технологической подготовки производства

Технологическая подготовка производства (ТПП) — совокупность мероприятий по созданию *прототипа изделия и конкретного производства*, осуществляемая инженерами-технологами на основе набора технологической документации (ТД) и охватывающая следующие основные **виды работ**:

- а) *проектирование технологических процессов* производства;
- б) *выбор и размещение* оборудования;
- в) *определение* технологической оснастки;
- г) *разработку методов* технического контроля, нормирования материально-технических затрат и обеспечение выпуска продукции заданного уровня качества с установленными сроками и объёмами выпуска.

Функция «Выполнить проектирование технологической подготовки производства», представленная на рисунке 1.2 функциональным блоком **А3**, осуществляет преобразование исходных объектов, в виде «Набор ТД», в целевой прототип изделия, представленный документацией «Набор ТПП», обеспечивая обратную связь с блоком **А2** посредством управляющей связи «Требования по ТПП».

Управление функцией технологической подготовки производства осуществляется **двумя внешними воздействиями**:

- а) *целевым внешним воздействием*, обозначенным как «Задание на проектирование»;
- б) *ограничивающим внешним воздействием*, обозначенным как ЕСТПП.

Поскольку информационная часть деятельности по подготовке производства ограничивается требованиями ЕСТПП, то рассмотрим эти требования в следующих аспектах:

- а) *общее положение ситуации* по ГОСТ ЕСТПП;
- б) *основные термины* и понятия ЕСТПП;
- в) *стадии разработки и виды документов* по стандартам ЕСТПП.

1.4.1 Общие положения по ГОСТ ЕСТПП

С целью регулирования работ по подготовке производства разработан комплекс стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), общие понятия которого изложены в ГОСТ 14.001–73 «Общие положения» [25, срок действия до 01.07.1990].

ЕСТПП — комплекс межгосударственных стандартов и рекомендаций, которые обеспечивают сокращение сроков подготовки производства продукции заданного качества, высокую гибкость производственной структуры предприятия и значительную экономию трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

На рисунке 1.16 показан общий пример обозначения конкретного стандарта относящегося к нулевой группе четырнадцатого класса.

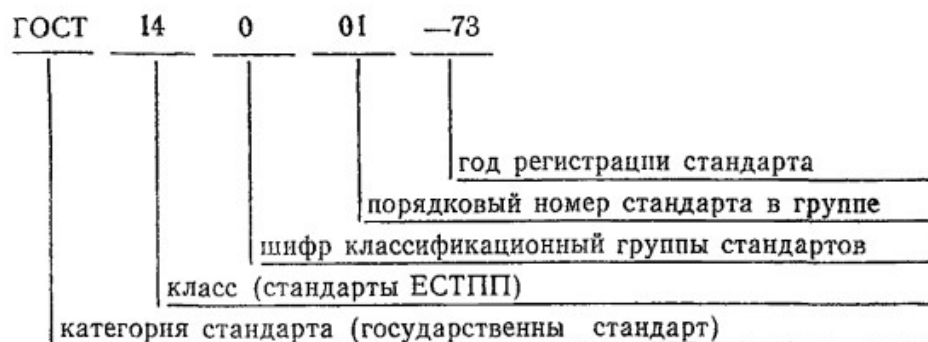


Рисунок 1.16 - Пример обозначения стандарта ЕСТПП [25] (ГОСТ 14.001-73)

Все стандарты данного класса разделены на шесть классификационных групп, представленных в таблице 1.6.

Таблица 1.12 — Классификационные группы стандартов ЕСТПП [25] (ГОСТ 14.001-73)

Шифр группы	Наименование группы стандартов
0	Общие положения
1	Правила организации и управления процессом технологической подготовки производства
2	Правила обеспечения технологичности конструкций изделий
3	Правила разработки и применения технологических процессов и средств технологического оснащения
4	Правила применения технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ
5	Прочие стандарты

Примечание — **Современная актуальность** стандартов ЕСТПП является достаточно низкой.

Действительно, более чем из *сорока стандартов ЕСТПП* [25], появившихся на этапе их внедрения, в настоящий момент действующими являются **только пять**:

- 1) ГОСТ 14.004—83 Термины и определения основных понятий [26].
- 2) ГОСТ 14.201—83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.
- 3) ГОСТ 14.205—83 Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.
- 4) ГОСТ 14.206—73 Технологический контроль конструкторской документации.
- 5) ГОСТ 14.322—83 Нормирование расхода материалов. Основные положения.

Порядка восьми стандартов были заменены *рекомендациями по стандартизации*:

- 1) Р 50-54-4—87 Виды технического контроля.
- 2) Р 50-54-5—87 Разработка графической информационной модели системы технологической подготовки производства.
- 3) Р 50-54-6—87 Порядок разработки документации при совершенствовании системы технологической подготовки производства.
- 4) Р 50-54-11—87 Общие положения по выбору, проектированию и применению средств технологического оснащения.
- 5) Р 50-54-13—87 Организация автоматизированного решения задач обеспечения производства средствами технологического оснащения.
- 6) Р 50-54-14—87 Правила установления объектов, очередности автоматизации решения задач технологической подготовки производства и определения производительности средств вычислительной техники.
- 7) Р 50-54-87—88 Организация автоматизированного технологического проектирования.
- 8) Р 50-54-93—88 Рекомендации. Классификация, разработка и применение технологических процессов.

Вывод. Приведённые выше примеры также показывают, что стандарты ЕСТПП **практически не обновляются**. Все эти примеры однозначно наводят на мысль, что:

- а) стали использоваться **иные подходы** в деятельности подготовки производства;
- б) имеется **большое количество подходов**, препятствующих стандартизации ТПП.

1.4.2 Основные термины и понятия ЕСТПП

Основные термины и понятия ЕСТПП определены в действующем стандарте *ГОСТ 14.004-83*. Таких общих понятий — пять [26]:

Технологическая подготовка производства (ТПП) — совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства.

Технологическая готовность производства — наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и *средств технологического оснащения*, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) — Система организации и управления технологической подготовкой производства, регламентированная государственными стандартами.

Отраслевая система технологической подготовки производства (ОСТПП) — Система организации и управления технологической подготовкой, установленная отраслевыми стандартами, разработанными в соответствии с государственными стандартами.

Система технологической подготовки производства предприятия — Система организации и управления технологической подготовкой производства, *установленная нормативно-технической документацией предприятия* в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП и отраслевыми стандартами.

Дополнительно определены ещё 55 терминов, определяющих следующие характеристики [26]:

- а) *составные части*, свойства и характеристики технологической подготовки;
- б) *машиностроительное производство* и его характеристики;
- в) *свойства и характеристики* предметов труда;
- г) *процессы и операции*.

1.4.3 Стадии разработки и виды документов по стандартам ЕСТПП

Очевидно, что между стандартами ЕСТД и ЕСТПП имеется много общего. Документация каждого из стандартов должна отвечать на вопрос «Как изделие должно быть изготовлено?».

Особенность стандартов ЕСТД состоит в том, что *требования к технологиям изготовления изделия не привязывается к возможностям конкретных предприятий*. Более того, для изготовления изделия может быть предложено несколько технологий, которые могут конкурировать между собой по различным характеристикам. Технологии могут попадать под лицензионные и иные ограничения, а также могут быть применимы только в будущем, когда появятся соответствующие средства производства.

Особенность стандартов ЕСТПП состоит в том, что они *применяются для технологических процессов, которые или доступны в настоящее время или будут доступны в будущем на конкретном предприятии*. Существенными ограничениями здесь являются: существующий научно-технический уровень доступных средств производства, квалификация инженерного и исполняющего персонала, требуемая серийность выпуска продукции.

Функциональная преемственность ТПП от результатов конструкторского и технологического проектирования, предполагает *использование уже готовой конструкторской и технологической документации*, что при минимизации проектных затрат требует только:

- а) *проектирования средств* технологического оснащения;
- б) *создание нормативной базы* для качественной и количественной оценки технологичности изделий.

В более сложных случаях требуется специальная разработка ТПП, предполагающая стандартную этапность и содержание работ.

Стадии разработки ТПП определены в уже отменённом ГОСТ 14.102-73 «Стадии разработки документации по организации и совершенствованию технологической подготовки производства» и представлены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 — Стадии разработки ТПП (ГОСТ 14.102-73)

Стадии разработки	Содержание работ
Техническое задание	Издание приказа, создание подразделения и комплексной бригады по организационно-техническому обследованию системы ТПП. Проведение анализа существующего уровня ТПП. Разработка предложений по совершенствованию системы ТПП. Разработка, согласование и утверждение технического задания на совершенствование ТПП.
Технический проект	Разработка рабочей конечной информационной модели системы ТПП. Разработка схемы структуры управления ТПП. Унификация и стандартизация форм документов, функционирующих в ТПП. Разработка методических материалов и стандартов предприятия на систему классификации и кодирования технико-экономической информации. Разработка комплекса постановок задач, подлежащих автоматизации. Рассмотрение и утверждение технического проекта.
Рабочий проект	Разработка рабочей документации системы ТПП по функциям: <ul style="list-style-type: none"> • обеспечение технологичности конструкций изделий; • разработка технологических процессов; • проектирование и изготовление средств технологического оснащения; • организация и управление процессом ТПП. Создание фонда стандартных элементов технологической оснастки. Создание трудовых и материальных нормативов на проектирование средств технологического оснащения. Создание нормативной базы для качественной и количественной оценки технологичности изделий. Создание информационных массивов. Разработка комплекса рабочих программ решения задач, подлежащих автоматизации.

Примечание — Для IT-специалиста, который не является ни конструктором ни технологом, перечисленные в таблице 1.13 работы мало о чём могут говорить. Тем не менее задачи *разработки технологических процессов, проектирования баз данных и оформление соответствующей документации* могут входить в его прямые обязанности.

Безусловно указанные выше работы могут проводиться только под руководством опытных и ответственных специалистов, знающих все особенности конкретного производства. Обычно, документация на выполнение соответствующих работ регламентируется стандартами конкретного предприятия. Более того, начавшееся с начала 90-х годов на предприятиях страны широкое использование вычислительной техники, позволило автоматизировать многие из имеющихся технологических процессов. Это в ряде случаев позволило совместить и автоматизировать многие задачи *технологического проектирования и технологической подготовки производства*.

В целом, в настоящее время *стандартизация проектирования ТПП находится в некотором кризисе*, что отражается на состоянии и содержании ЕСТПП. Что же касается вопросов автоматизации ТПП, то она частично будет рассмотрена в последующих разделах как часть автоматизации технологического проектирования.

1.5 Стандарты сопутствующих предметных областей проектирования

Рассмотренные в предыдущих подразделах стандарты ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП относятся к предметной области машиностроения и приборостроения. Именно здесь наблюдается основная деятельность в обмене или заимствовании проектной документации как в межгосударственных масштабах, так и на уровне национальных производственных отношений. В других, не настолько масштабных предметных областях, провести единую стандартизацию гораздо сложнее, а может быть и невыгодно. В них применяются *региональные* или *отраслевые стандарты*, которые мы не будем рассматривать в силу их большого количества и профессиональной специфики, что выходит за рамки требуемых базовых знаний IT-специалиста.

В данном подразделе кратко рассматриваются три дополнительных стандарта, которые органично дополняют уже рассмотренную предметную область машиностроения и приборостроения или тесно связаны с ней:

- а) **СИБИД** — Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу;
- б) **ЕСПД** — Единая система программной документации;
- в) **СПДС** — Система проектной документации для строительства.

1.5.1 Стандарты СИБИД

«Обозначение межгосударственных стандартов системы СИБИД состоит из индекса (ГОСТ); **цифры 7**, определяющей систему; разделительной точки; регистрационного цифрового номера стандарта и отделённых тире полного обозначения года» [27, подраздел 5.5]. Указанный источник в общепринятом написании соответствует обозначению *ГОСТ 7.55-99*.

Стандарты СИБИД описывают многие понятия, их сокращения и требования по оформлению различных видов документов, на которые должен ориентироваться любой IT-специалист в своей научной и производственной деятельности. Например, *ГОСТ 7.0-99* [28] содержит большой набор различных полезных определений:

Информационный анализ — выявление в документах и фиксация в виде данных информации, относящейся к определённой предметной области.

Информационная система — система, предназначенная для *хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и предоставления информации*.

Информационная инфраструктура — совокупность информационных центров, банков данных и знаний, систем связи, обеспечивающая доступ потребителей к информационным ресурсам.

Информационная технология — совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединённых в технологический комплекс, обеспечивающий *сбор, создание, хранение, накопление, обработку, поиск, вывод, копирование, передачу и распространение информации*.

Информационные ресурсы — совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации.

Документные ресурсы — вид информационных ресурсов, представляющий совокупность *отдельных документов и массивов документов* в информационных системах.

Система научно-технической информации — система взаимосвязанных органов, осуществляющих совместную научно-информационную деятельность с согласованным разделением функций (по видам обработки, информации, тематике, территории и (или) другим признакам).

Полный список актуальных стандартов СИБИД можно найти на общем сайте «LiBRARY.RU» по адресу: <http://www.library.ru/1/kb/standart/>.

Многие стандарты СИБИД служат основой для разработки стандартов в других предметных областях. В частности, рассмотренные ранее стандарты ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП содержат ссылки на стандарты СИБИД.

1.5.2 Стандарты ЕСПД

Согласно источнику ГОСТ 19.001-77 «Общие положения» [29]: «**Единая система программной документации** — комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные *правила разработки, оформления и обращения* программ и программной документации».

Пример обозначения стандартов ЕСПД представлен на рисунке 1.17, а перечень деления на группы — в таблице 1.14.

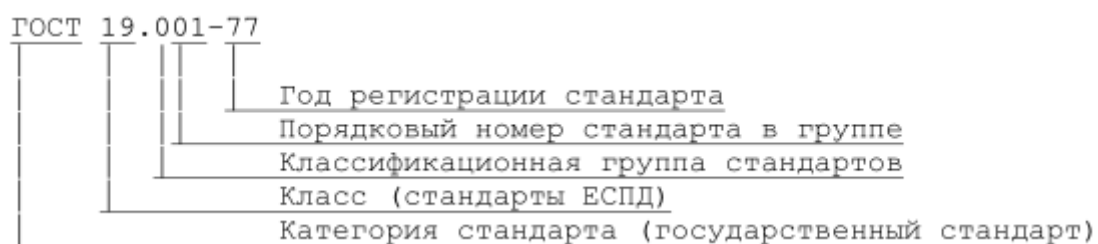


Рисунок 1.17 — Пример обозначения стандарта ЕСПД [29]

Таблица 1.14 — Классификационные группы стандартов ЕСПД [29]

Код группы	Наименование группы
0	Общие положения
1	Основополагающие стандарты
2	Правила выполнения документации разработки
3	Правила выполнения документации изготовления
4	Правила выполнения документации сопровождения
5	Правила выполнения эксплуатационной документации
6	Правила обращения программной документации
7	
8	Резервные группы
9	Прочие стандарты

В отличие от предыдущих систем стандартизации, ЕСПД должна быть хорошо известна ИТ-специалистам. Также им хорошо известна и предметная область её применения.

Основная цель упоминания ЕСПД в данном разделе — *показать общую преемственность систем стандартизации*, рассматривающих программное обеспечение как самостоятельный производственный продукт, интерпретирующий различные его части или весь продукт как *изделие*. Часто ЕСПД рассматривается как часть более общей системы стандартов *серии 34*, касающихся «Автоматизированных систем» (АС) и САПР.

Ссылки на список стандартов ЕСПД можно найти на сайте «SWRIT. Профессиональная разработка технической документации»: <https://www.swrit.ru/gost-espд.html>. Актуальность каждого из этих стандартов следует проверять дополнительно.

1.5.3 Стандарты СПДС

Существуют предметные области, которые по ряду причин качественно или организационно отличаются от предметной области машиностроения и приборостроения. Примером такой предметной области является *строительство*, в самом широком его понимании.

Для установления единых правил выполнения проектной и рабочей документации в предметной области строительства разработан набор стандартов «Система проектной документации для строительства» (СПДС).

Система проектной документации для строительства (СПДС) — комплекс взаимосвязанных межгосударственных и национальных стандартов, содержащих общие требования и правила по разработке, оформлению и обращению проектной и рабочей документации для строительства объектов различного назначения [30].

Общие положения этого набора межгосударственных стандартов определены в *ГОСТ 21.001-2013* [30], который также даёт трактовку ряда важных терминов:

Проектная документация — совокупность текстовых и графических документов, *определяющих* архитектурные, функционально-технологические, конструктивные, инженерно-технические и иные решения проектируемого здания (сооружения), состав которых необходим для оценки соответствия принятых решений заданию на проектирование, требованиям технических регламентов и документов в области стандартизации и достаточен для разработки рабочей документации для строительства.

Рабочая документация — совокупность текстовых и графических документов, *обеспечивающих реализацию* принятых в утверждённой проектной документации технических решений объекта капитального строительства, необходимых для производства строительных и монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и/или изготовления строительных изделий.

Основные требования к проектной и рабочей документации изложены в национальном стандарте РФ — *ГОСТ Р 21.101-2020* [31]. Следует отметить, что структура обозначения всех стандартов имеет код системы СПДС — **21** и соответствует общей структуре обозначений ГОСТ, рассмотренных ранее. Классификационные группы этих стандартов представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 — Классификационные группы стандартов СПДС [31] (ГОСТ Р 21.101-2020)

Код группы	Наименование группы
0	Общие положения
1	Общие правила выполнения графических и текстовых документов
2	Условные обозначения и изображения на чертежах и схемах
3	Правила выполнения документации инженерных изысканий
4	Правила выполнения технологической проектной и рабочей документации
5	Правила выполнения проектной и рабочей документации архитектурных, объемно-планировочных и конструктивных решений и документации по планированию территории
6	Правила выполнения проектной и рабочей документации систем инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений
7	Правила выполнения проектной и рабочей документации наружных сетей инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений, инженерных сооружений и транспортных коммуникаций
8	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
9	Прочие стандарты

1.6 Заключение по разделу 1

В данном подразделе подведём итоги заявленной в начале раздела задачи по описанию для IT-специалистов «Объекта и предметных областей конструкторского и технологического проектирования». В такой постановке *весь учебный материал раздела следует рассматривать как вводную часть изучаемой дисциплины*, которая показывает студентам, **что собственно они должны автоматизировать**.

В первом подразделе приведена *функциональная трактовка деятельности инженеров-конструкторов и инженеров-технологов* по созданию целевых прототипов изделий. С позиции (точки зрения) IT-специалиста такая трактовка представляется тремя функциональными блоками по конструкторскому, технологическому и подготовки производства проектированию, показанных на рисунке 1.2. Поскольку выходным результатом каждого функционального блока является соответствующий набор проектной документации, то последующие три подраздела раскрывают содержательную часть этих функций в проекции существующих межгосударственных и национальных стандартов.

Второй подраздел посвящён *стандартизации деятельности инженера-конструктора*, что регламентируется системой ЕСКД, содержащей стандарты ГОСТ серии 2 (класса 2) относящиеся к предметной области машиностроения и приборостроения. Фактически этот подраздел и раскрывает в полной мере основные понятия предметной области, основные принципы описания стандартов, стадий проектирования, перечень и кодировки проектной документации. Эти основные понятия и принципы стандартизации распространяются и на проектную деятельность инженеров-технологов.

Третий подраздел посвящён *стандартизации деятельности инженера-технолога*, что регламентируется системой ЕСТД, содержащей стандарты ГОСТ серии 3 (класса 3), также относящиеся к предметной области машиностроения и приборостроения. Фактически этот подраздел проецирует результаты деятельности инженера-конструктора в плоскость *проекта по обобщённым способам реализации создаваемого изделия*. Указанное обобщение связано с тем, что технологические проекты не привязываются к конкретным производствам.

Четвёртый подраздел посвящён *стандартизации деятельности инженера-технолога*, регламентируемой системой ЕСТПП, содержащей стандарты ГОСТ серии 14 (класса 14). Они также относятся к предметной области машиностроения и приборостроения, но ориентированы на *технологическую привязку проектов к конкретным производствам* (предприятиям). Фактически эта часть проектирования завершает последовательность проектной деятельности по созданию прототипов изделий.

Пятый подраздел *дополняет описание предметных областей* деятельности инженеров-конструкторов и инженеров технологов в трёх аспектах:

- а) система стандартов СИБИД (ГОСТ серии 7) описывает стандартизацию общей платформы проектной деятельности связанную с информационными технологиями в плане хранения и последующего доступа к проектной документации; все системы стандартов ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП содержат ссылки на систему стандартов СИБИД;
- б) система стандартов ЕСПД (ГОСТ серии 19) представлена как обязательный элемент знаний необходимый студентам, как IT-специалистам, деятельность которых также стандартизируется в плане производства программной продукции;
- в) система стандартов СПДС (ГОСТ серии 21) представлена как пример дополнения к предметной области машиностроения и приборостроения; в плане развития эта система стандартов также имеет связь с системами ЕСКД и ЕСТД; студенту предлагается самостоятельно изучать эти стандарты, если его деятельность будет связана с указанной предметной областью.

Вопросы для самопроверки

1. Как формулируется понятие «Проектирование».
2. Изобразите на бумаге функциональную декомпозицию проектной деятельности.
3. Дайте расшифровку сокращениям ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП.
4. Дайте расшифровку сокращениям СИБИД, ЕСПД и СПДС.
5. Что такое — внешние и внутренние контуры управления проектной деятельности?
6. Представьте общую структуру обозначений стандартов ЕСКД.
7. На какие четыре вида подразделяются изделия по конструктивно-функциональным характеристикам?
8. Что понимает конструктор под терминами «Текстовый документ» и «Графический документ»?
9. Какие известны категории КД по характеру использования?
10. Какие две части выделяются в ЭКД?
11. Что такое - «Основной конструкторский документ»?
12. Назовите основные стадии разработки части «Разработка проектной КД».
13. Назовите стадии существования жизненного цикла изделия.
14. Чем отличается технологическое проектирование от конструкторского?
15. Чем различаются технологический процесс и технологическая операция?
16. Назовите три вида технологических документов общего назначения.
17. Что такое - «Маршрутная карта»?
18. Что такое - «Технологическая подготовка производства» и какие виды работ она включает?
19. Назовите стадии разработки ТПП?
20. Для чего предназначены стандарты системы СИБИД?
21. Что такое - «Информационная инфраструктура»?
22. Для чего предназначены стандарты ЕСПД?
23. Что такое — СПДС?

2 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В предыдущем разделе учебный материал изложен с целью пояснить IT-специалистам предметную область конструкторского и технологического проектирования, причём основной упор делался на описание классических средств стандартизации *проектной деятельности* инженеров-конструкторов и инженеров-технологов.

Настоящий раздел посвящён информационным технологиям, которые рассматривают все *прикладные объекты* (объектные системы) как *предметные области для автоматизации*, что в свою очередь порождает собственные предметные области объединённые общим понятием «Автоматизированные системы» (АС, Automated Systems, AS). Общая стандартизация указанной информационной проекции стандартизирована по *ГОСТ серии 34*.

Перечень основных понятий АС изложен в межгосударственном стандарте ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения» [32]:

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 взаимосвязанных АС*, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других) так, что эту совокупность можно рассматривать как единую АС.

Функция автоматизированной системы (функция АС) — *совокупность действий АС*, направленная на достижение определённой цели.

Задача автоматизированной системы (задача АС) — *функция или часть функции АС*, представляющая собой *формализованную совокупность автоматических действий*, выполнение которых приводит к результату заданного вида.

Алгоритм функционирования автоматизированной системы (алгоритм функционирования АС) — *алгоритм, задающий условия и последовательность действий компонентов автоматизированной системы* при выполнении ею своих функций.

Научно-технический уровень автоматизированной системы (НТУ АС) — *показатель или совокупность показателей*, характеризующая степень соответствия технических и экономических характеристик АС современным достижениям науки и техники.

На рисунке 2.1 представлены основные виды АС.

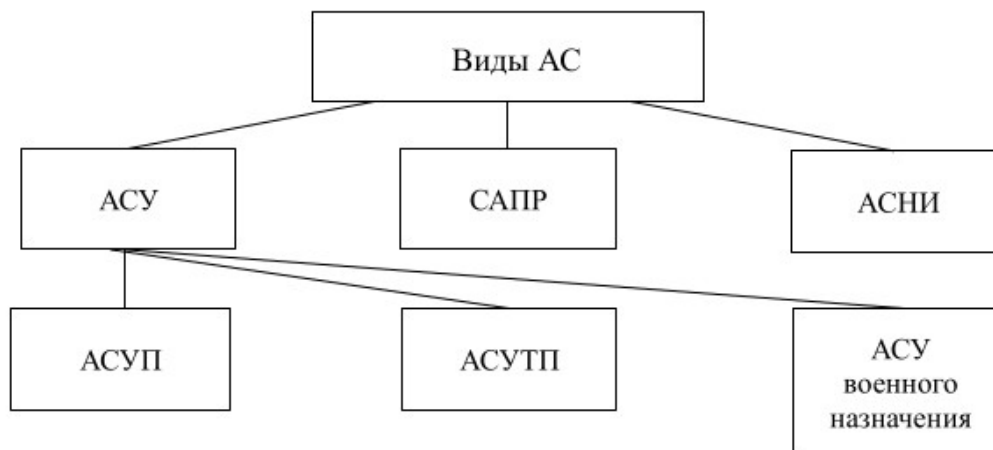


Рисунок 2.1 — Виды АС согласно ГОСТ 34.003-90 [32]

Хорошо видно, что в зависимости от вида деятельности выделяют, например следующие виды АС:

Автоматизированные системы управления (АСУ) — обобщённое определение АС, в которой *функция управления выделена как доминирующее свойство*. В зависимости от вида управляемого объекта (процесса) ГОСТ 34.003-90 [32] выделяет: *АСУ технологическими процессами (АСУТП), АСУ предприятиями (АСУП) и АСУ военного назначения*.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) — *организационно-техническая система*, предназначенная для автоматизации различных процессов проектирования.

Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) — *организационно-технические системы*, предназначенные для проведения научных исследований или комплексных испытаний образцов новой техники на основе получения и использования моделей исследуемых объектов, явлений и процессов.

Безусловно наиболее близким понятием для тематики изучаемой дисциплины являются АС, обозначенные как «Системы автоматизированного проектирования» (САПР).

Хотя по стандартам *все виды АС являются организационно-техническими системами*, они различаются разным целевым назначением, что делает их непохожими друг на друга по исполнению и использованию. Тем не менее они обладают общими структурными свойствами, порождёнными *наличием общей информационной технологии*, которая в свою очередь опирается на использование достаточно общих средств вычислительной техники. Поэтому учебный материал данного раздела показывает логику развития АС в той последовательности, что показана на рисунке 2.2.

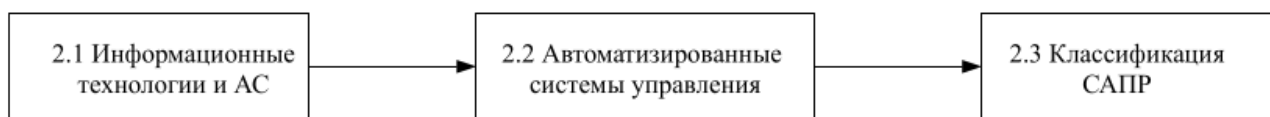


Рисунок 2.2 — Последовательность изложения учебного материала

В целом, тематика данного раздела изложена в максимально абстрактной форме, с целью показать современные достижения информационной технологии в плане автоматизации различных предметных областей науки и техники. Такой подход позволит в последующих разделах перейти к рассмотрению конкретных вопросов автоматизации конструкторского и технологического проектирования, опираясь уже на имеющуюся теоретическую базу АС и различных её видов.

2.1 Информационные технологии и автоматизированные системы

В 1948 году Норберт Винер, профессор математики Массачусеттского технологического института, опубликовал свою книгу «*Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*». В ней впервые был использован термин «*Кибернетика*» как наука об общих закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах, будь то машины, живые организмы или общество. В одном из последних русских переводов [33], эта книга имела название «Кибернетика или управление и связь в животном и машине».

Само греческое слово «кибернетика» означает «искусство управления». Норберт Винер ввёл понятие «обратной связи» (feedback), что в технических системах структурно отображается взаимодействием «Объекта управления» и «Системы управления», как это показано на рисунке 2.3.

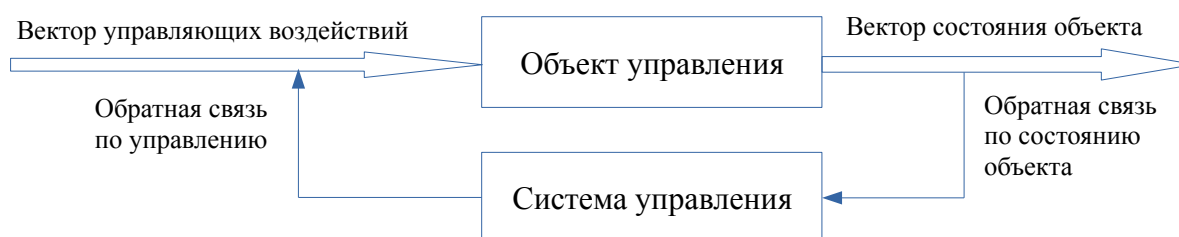


Рисунок 2.3 — Обобщённое представление кибернетической системы с обратной связью

В целом все элементы представленной структурной схемы могут иметь произвольную трактовку, а главными здесь являются:

- а) **концепция управления**, которая на долгие годы определила основные направления научных исследований;
- б) **концепция обратной связи**, которая задаёт информационный контекст самому понятию управления.

Примечание — К сожалению в России (СССР) долгие годы кибернетика считалась *лженаукой*. Это естественным образом сдерживало развитие отечественной науки и техники.

В России кибернетика была признана наукой только **в конце 60-х годов** прошлого века. **В начале 70-х годов** в вузах стали создаваться факультеты прикладной математики, целью которых была подготовка специалистов способных с помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ) на практике внедрять новые методы управления в народное хозяйство страны. В качестве примера такой политики можно привести: Факультет систем управления (ФСУ) ТУСУР и кафедру АСУ, входящую в этот факультет.

Со временем концепция управления в технических системах стала рассматриваться как частный технологический вариант науки «*Информатика*» (Computer science), получивший название «*Информационные технологии*».

Информационные технологии (Information technology) — процессы, методы *поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации* и способы осуществления таких процессов и методов.

Соответственно, специалисты в области информационных технологий стали называться ИТ-специалистами (ИТ-специалистами), в качестве которых и рассматриваются студенты, изучающие данную дисциплину.

Тем не менее концепция управления достаточно прочно вошла во многие научные направления, даже если это не указывается в явной форме. Такая ситуация требует более по-

дробного рассмотрения используемой терминологии, что мы и обсудим в следующих двух аспектах:

- а) *автоматические* и *автоматизированные* системы;
- б) *автоматизированные системы* и *системы автоматизации*.

2.1.1 Автоматические и автоматизированные системы

Техническая система (ТС) — *искусственно созданная система*, предназначенная для удовлетворения каких-либо потребностей, например, устройство, прибор, машина, и другие подобные изделия или продукты производства.

Автоматическая система — кибернетическая система, в которой «Объект управления» и «Система управления» являются *техническими системами*.

Теория автоматического управления (ТАУ) — *научная дисциплина*, являющаяся составной частью технической кибернетики и изучающая процессы автоматического управления объектами различной физической природы, выявляя при помощи математических средств свойства систем автоматического управления и разрабатывая рекомендации по их проектированию.

Система автоматического управления (САУ) — *автоматическая система*, разработанная с использованием теории и методики ТАУ.

Существует достаточно сложная классификация автоматических систем (САУ) по множеству различных признаков. Естественно САУ бывают:

- а) *простыми* — системы автоматического регулирования или стабилизации;
- б) *сложными* — системы самонаведения торпед или ракет;
- в) *непрерывными*, когда объект и система управления описываются функциями или дифференциальными уравнениями зависящими от времени;
- г) *дискретными*, когда САУ представлена логическими устройствами, способными находиться в одном из нескольких устойчивых состояний, осуществлять обработку, хранение и получение дискретной информации согласно некоторому алгоритму.

Примечание — Современные вычислительные машины представляют собой *цифровые автоматы* или *автоматические системы*.

В 1962 году советский математик, кибернетик, Академик АН СССР (1964) и АН УССР (1961) Виктор Михайлович Глушков опубликовал монографию под названием «Синтез цифровых автоматов» [34], где показал, что центральные процессоры ЭВМ, а следовательно и сами ЭВМ могут быть представлены кибернетической системой, состоящей из «Объекта управления» в виде «Операционного автомата» (ОА) и «Системы управления» — в виде «Управляющего автомата» (УА). Структурная схема такой САУ, согласно литературному источнику [35], показана на рисунке 2.4.

Хорошо видно, что обратная связь представленной САУ реализуется посредством «Осведомительных сигналов (X)», поступающих из операционного автомата в управляющий автомат, и «Набора управляющих сигналов (Y)», поступающих из УА в ОА.

Что касается определения «Автоматизированной системы», то в кибернетической интерпретации её можно сформулировать так:

Автоматизированная система — *кибернетическая система*, в её обобщённом представлении показанном на рисунке 2.3, в которой часть или вся «Система управления» заменена человеком.

Очевидно, что данное определение более конкретизировано, чем определение АС приведённое в начале раздела согласно ГОСТ 34.003-90, и, в плане тематики поставленного вопроса, достаточно чётко разделяют САУ и АС.



Рисунок 2.4 — Структурная схема цифрового автомата В.М. Глушкова [35]

Поскольку в сложных организационно-технических системах выделение объектов и систем управления не всегда является очевидным, что зависит от уровня детализации системы наблюдателем и его точки зрения, то за базовую основу анализа и принятия решения можно взять следующий наглядный пример:

- а) *персональный компьютер* с установленным программным обеспечением можно рассматривать как автоматическую систему (САУ) или цифровой автомат;
- б) *автоматизированное рабочее место* (АРМ), представляющее собой конкретное производственное место, персональный компьютер и человека, работающего за компьютером, следует рассматривать как АС в любой его разновидности.

2.1.2 Автоматизированные системы и системы автоматизации

Между *автоматизированными системами* (АС) и *системами автоматизации* (СА) — более тонкие различия, чем между САУ и АС. На рисунке 2.1 представлены три основных вида АС: АСУ, САПР и АСНИ, которые отображены на одном уровне и теоретически должны иметь общую структуру и подходы к их реализации. Тем не менее современные подходы к их реализации и внедрению имеют свои особенности, которые студент должен хорошо понимать.

АСУ и АСНИ являются *классическими организационно-техническими системами* (АС), проектируемыми, реализуемыми и внедряемыми для конкретных предприятий. В этом отношении они всегда в большой степени являются уникальными, хотя и опираются на общие стандарты, заданные ГОСТ серии 34, и могут содержать множество универсальных компонент (подсистем).

Главная их особенность АСУ — *единство и согласованность всех подсистем*, включая *обратные связи по управлению*. Нарушение этого единства и согласованности приводит к «островной автоматизации», что сводит на нет все усилия по их созданию. Более подробно вопросы создания АСУ рассматриваются в подразделе 2.2. Вопросы создания АСНИ далее не рассматриваются.

Системы автоматизированного проектирования (САПР), которые напрямую связаны с тематикой данной дисциплины, мы будем рассматривать как *системы автоматизации (СА)* в подразделе 2.3.

Главная особенность САПР — в том, что они *проектируются и создаются как достаточно самостоятельные системы специального назначения*, по необходимости внедряемые отдельными предприятиями (организациями).

Примечание — *Расширительное толкование* термина САПР — как семантики частного варианта понятия «Автоматизированные системы» (АС) создаёт ряд семантических проблем использования этого термина, как семантики понятия «Системы автоматизации» (СА).

Действительно, занимаясь *отдельными задачами* автоматизации конструкторского и технологического проектирования, мы вынуждены «насиленно притягивать» организационно-технические понятия, «размывающие» границы создаваемых систем.

Чтобы освободиться от груза расширительных толкований, уточним семантику понятий АС и СА рисунком 2.5.

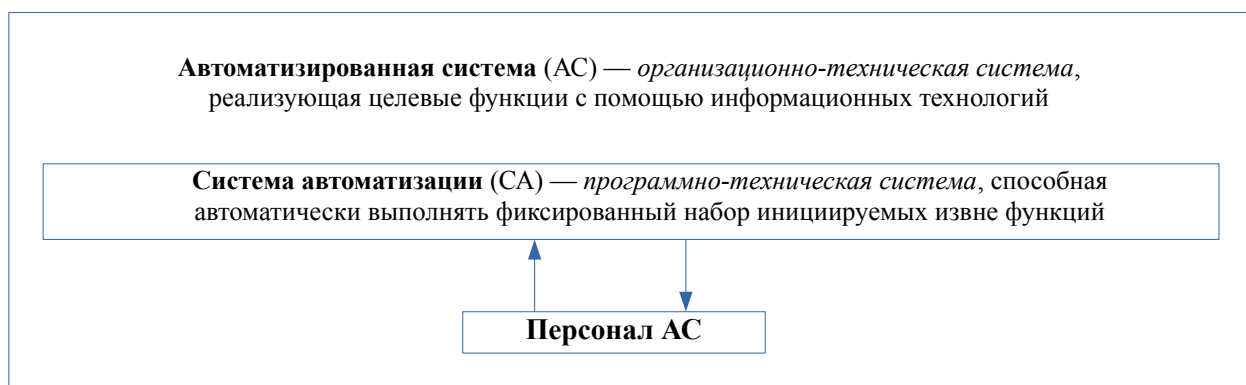


Рисунок 2.5 — Графическая интерпретация семантики понятий АС и СА

2.2 Автоматизированные системы управления

Этот подраздел посвящён *Автоматизированным системам управления* (АСУ) как главным полноправным представителям АС. И хотя такое утверждение кажется необоснованным, исторически это — именно так.

В 1958 году советский учёный кибернетик Анатолий Иванович Китов опубликовал небольшую монографию под названием «Электронные вычислительные машины», где высказал мнение: «Наличие единой сети информационных и вычислительных машин позволит также быстро и оперативно собирать и обрабатывать необходимые статистические сведения о состоянии отдельных предприятий, наличии материалов, денежных средств, рабочей силы и т. д. и оперативно использовать результаты обработки для планирования и руководства хозяйством» [36, с. 25]. **В начале 1959 года**, Китов А.И. написал служебную записку в ЦК КПСС на имя Н.С. Хрущева, в которой предложил создать «Общегосударственную автоматизированную систему управления народным хозяйством страны» (ОГАС). Частично эта идея была реализована уже **1968 году** как «Автоматическая система плановых расчётов» (АСПР). Полную реализацию проекта ОГАС планировали завершить к **2000 году**, но по ряду причин, включая политические, работы по этому проекту были завершены, а система АСПР была списана в утиль в **1994 году**.

Идею ОГАС горячо поддерживал и академик В.М. Глушков. Им опубликовано множество публикаций на эту тему. В одной из последних работ «Основы безбумажной информатики» [37], первое издание которой вышло в **1981 году**, имеются такие главы как: «Автоматизация информационных технологий», «Автоматизация организационного управления», «Искусственный интеллект».

В конце 70-х годов, с целью стандартизации деятельности по проектированию и созданию АСУ, стали разрабатываться *ГОСТы серии 24* под общим классификационным названием «Единая система стандартов автоматизированных систем управления». Эта серия включала более 20 спецификаций, где описывались:

- а) *типовые стадии* жизненного цикла (ЖЦ) АСУ;
- б) *типовые проектные решения* ;
- в) *способы оценки* важнейших характеристик АСУ.

С середины 80-х годов стал разрабатываться «Единый комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы» (ЕКС АС). **Его задача** — распространение положений ГОСТ 24.xxx на более широкий класс систем. Набор стандартов такой системы был сформирован как *ГОСТы серии 34* под общим классификационным названием «Информационная технология». Этот набор стандартов и положен в основу учебного материала данного раздела.

Примечание — Таким образом, утверждение о том, что АСУ является главным полноправным представителем АС — вполне уместно и обосновано исторически.

Здесь сразу же следует обратить внимание на расширительный контекст словосочетания «Автоматизированное проектирование», используемое в учебных изданиях доктора технических наук Игоря Петровича Норенкова [38, 39], бывшего профессора МГТУ им. Н.Э. Баумана. В них вопросы САПР в целом рассматриваются в контексте близком к общему контексту понятия АСУ и АС. Студентам настоятельно рекомендуется изучить эти источники, особенно в тех аспектах, которые не рассмотрены в данном учебном пособии.

Как ранее отмечено в пункте 2.1.2 данного пособия, мы будем различать понятия АСУ и САПР, поэтому учебный материал, описывающий эти виды АС, изложен в разных подразделах.

- В данном подразделе мы рассмотрим следующую последовательность вопросов:
- а) Трёхуровневая модель АСУ;
 - б) Стандартизация МЕСа;
 - в) Стадии и этапы разработки АС.

2.2.1 Трёхуровневая модель АСУ

Как было указано в начале подраздела, плановые работы по созданию ОГАСУ были полностью свёрнуты к 1994 году. Хотя к концу 80-х годов был сформирован базовый набор стандартов ГОСТ серии 34, действующий и по настоящее время, он практически не обновлялся, что безусловно связано, как с проблемами «перестройки 1991 года», так и другими проблемами 90-х годов. И несмотря на то, что масштаб систем АСУ уменьшился до уровня отдельных предприятий, проблемы их реализации остались и до настоящего времени.

Примечание — Иллюзия строителей коммунизма в СССР предполагала, что будущее управление предприятиями будет реализовано только на двух уровнях: АСУП и АСУТП (см. рисунок 2.1 и ГОСТ 34.003-90).

К середине 90-х годов стало ясно, что реально структуры АСУ должны состоять из трёх иерархически связанных уровней: «Стратегическое управление», «Тактическое управление» и «Оперативное исполнение». Описание этих уровней представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Трёхуровневая иерархия управления АСУ

Уровень управления	Уровень АСУ
Уровень стратегического управления	АСУП — АСУ производством или ERP-системы. Стратегическое административно-финансовое планирование и управление, решающее задачи: <i>что произвести, в каких объемах, к каким срокам, из чего и прочее.</i> ERP — Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия.
Уровень тактического управления	АСУПП — АСУ производственными процессами или MES-системы. Уровень начальников производств, цеховых технологов, диспетчеров, мастеров, решающих задачи: <i>как произвести заданное, по каким технологиям, на каких станках, в каком порядке выполнять заказы, чтобы минимизировать издержки и максимально эффективно использовать ресурсы.</i> MES — Manufacturing Execution System, система управления производственными процессами.
Уровень оперативного исполнения	АСУТП — АСУ технологическими процессами. Уровень контроллерного управления, HMI с человеком исполнителем, SCADA-системы — решает задачи: <i>поддержание заданных технологических параметров производственных процессов.</i> SCADA — Supervisory control and data acquisition, диспетчерское управление и сбор данных.

Новый (отсутствующий в ГОСТ 34.003-90) уровень тактического управления будет рассмотрен в следующем пункте, а здесь характеризуем стратегический и исполнительный уровни.

Уровень стратегического управления — административное и финансовое планирование деятельности предприятия или АСУ управления производством (АСУП). Функционально этот уровень приблизительно понимается как зарубежный аналог Enterprise Resource Planning или ERP.

Задачи и функции АСУП характеризуются тем, что они достаточно полно регламентируются и управляются набором государственных постановлений и указов о деятельности предприятий и организаций. Для этих целей наиболее популярными в России являются программные системы «MS Dynamics Taxa» и «1С».

Уровень оперативного исполнения — управление технологическими процессами (АСУТП) на имеющихся у предприятия средствах производства.

Задачи и функции АСУТП опираются на технические возможности используемого оборудования, которые хорошо известны инженерам и техникам предприятия или хорошо документированы поставщиками средств производства. Поскольку состав средств производства любого предприятия — достаточно стабилен, то проектирование и реализация большинства задач АСУТП может быть решена сотрудниками самих организаций.

Особое место занимают предприятия, в которых *требуется постоянный диспетчерский контроль технологических процессов* (ТП). Примерами могут служить предприятия химической и атомной промышленности, где необходим постоянный контроль и регистрация изменения параметров ТП. В таких случаях модель АСУ дополняется четвёртым (*полевым*) уровнем, охватывающим системы телекоммуникаций для сбора данных о параметрах ТП. В таких случаях на уровне оперативного исполнения используются системы **SCADA** (*Supervisory Control and Data Acquisition*). На российском рынке хорошо известен программный продукт «Simatic WinCC» немецкого конгломерата «Сименс».

2.2.2 Стандартизация MESA

Как отмечено в предыдущем пункте, ГОСТы серии 34 не включают в АСУ «Уровень тактического управления» или АСУПП. Считалось, что задачи АСУПП должны органично распределяться между подсистемами АСУП и АСУТП.

На практике предприятия оказались неспособными самостоятельно реализовывать и сопровождать столь сложные подсистемы АСУ. Внешние проектировщики и разработчики организационно-технических систем могли предложить качественное решение только обобщённых задач:

- а) системы *административно-финансового планирования* для АСУП;
- б) системы *автоматизированного управления станками с числовым программным управлением* (ЧПУ), роботизированные системы и тому подобное.

Что касается задач АСУПП, то они — слишком специфичны для каждого предприятия и внешним разработчикам невыгодно их решать.

В 1992 году была создана всемирная некоммерческая ассоциация разработчиков, системных интеграторов, экспертов и пользователей решений для промышленных предприятий — **MESA International** (Manufacturing Execution System Association). Первоначальная её цель — отслеживать появление систем (MES-систем), полезных для решения задач АСУПП и информирование об этом заинтересованных лиц.

В 2001 году MESA сменила своё название на *Manufacturing Enterprise Solutions Association*, чтобы показать, что область интересов ассоциации включает всё программное обеспечение, используемое на производстве. Целью ассоциации стал обмен передовым опытом и инновационными идеями для распространения знаний о решениях в области оперативного управления производственными предприятиями.

В 1994 году MESA стала автором «Функциональной модели MES» (MESA-11), предложив одиннадцать обобщённых функций (задач):

1. **Контроль состояния и распределение ресурсов** (RAS, Resource Allocation and Status) — управление в реальном времени технологическим оборудованием, материалами, персоналом, а также другими объектами, включая резервирование и диспетчеризацию, с целью достижения целей оперативного планирования.

2. **Оперативное/Детальное планирование** (ODS, Operations/Detail Scheduling — *удалено в модели 2004 года*) — упорядочение производственных заданий на основе очерёдности, атрибутов, характеристиках и рецептах, связанных со спецификой изделий, с целью составления производственного расписания с минимальными перенастройками оборудования и параллельной работой производственных мощностей для уменьшения времени получения готового продукта и времени простоя.
3. **Диспетчеризация производства** (DPU, Dispatching Production Units) — управляет потоком единиц продукции в виде заданий, заказов, серий, партий и заказ-нарядов, что даёт возможность изменения заданного календарного плана на уровне производственных цехов.
4. **Управление документами** (DOC, Document Control — *удалено в модели 2004 года*) — контролирует содержание и прохождение документов, которые должны сопровождать выпускаемое изделие, включая инструкции и нормативы работ, способы выполнения, чертежи, процедуры стандартных операций, программы обработки деталей, записи партий продукции и тому подобное.
5. **Сбор и хранение данных** (DCA, Data Collection/Acquisition) — взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия.
6. **Управление персоналом** (LM, Labor Management) — получение информации о состоянии персонала и управление им в требуемом масштабе времени, включая отчётность по присутствию и рабочему времени, отслеживание сертификации и подобное.
7. **Управление качеством продукции** (QM, Quality Management) — анализ в реальном времени измеряемых показателей, полученных от производства, для гарантированно правильного управления качеством продукции и определения проблем, требующих вмешательства обслуживающего персонала.
8. **Управление производственными процессами** (PM, Process Management) — отслеживание производственного процесса и либо корректировка его автоматически, либо обеспечение поддержки принятия решений оператором для выполнения корректирующих действий и усовершенствования производственной деятельности.
9. **Управление производственными фондами (техобслуживание)** (MM, Maintenance Management — *удалено в модели 2004 года*) — отслеживание и управление обслуживанием оборудования и инструментов, обеспечивая их работоспособность.
10. **Отслеживание истории продукта** (PTG, Product Tracking and Genealogy) — получение информации о состоянии и местоположении заказа в каждый момент времени.
11. **Анализ производительности** (PA, Performance Analysis) — обеспечение формирования отчётов о фактических результатах производственной деятельности, сравнение их с историческими данными и ожидаемым коммерческим результатом.

В 2004 году была разработана новая модель **Collaborative Manufacturing Execution System** (c-MES):

- а) задачи *оперативного планирования* (ODS) и *управление документами* (DOC) были перенесены в АСУП;
- б) *техобслуживание* (MM) — перенесено в АСУТП.

2.2.3 Стадии и этапы разработки АС

Как отмечено в пункте 1.2.5 предыдущего раздела (см. ГОСТ 2.103-2013, пункт 4.15), Жизненный цикл изделия (ЖЦИ) включает *семь стадий*: *маркетинг и научные исследования, проектирование* (разработка), *изготовление, контроль* (приёмка), *эксплуатация, ремонт, утилизация*.

АСУ также имеют свой жизненный цикл (ЖЦ АСУ), который определяется ГОСТ 34.601-90 «Автоматизированные системы. Стадии создания» [40]. Согласно таблице 2.2 ЖЦ АС имеет восемь стадий, которые естественным образом распространяются на ЖЦ АСУ.

В целом, назначение стадий и соответствующие этапы работ должны быть понятны ИТ-специалистам, поскольку на заключительном этапе завершения бакалавриата все студенты защищают выпускные квалификационные работы (ВКР), содержащие проекты по созданию информационных систем (ИС) как упрощённой разновидности АС.

Таблица 2.2 — Стадии и этапы создания АС [40]

Стадии	Этапы работ
1. Формирование требований к АС	1.1. Обследование объекта и обоснование необходимости создания АС. 1.2. Формирование требований пользователя к АС. 1.3. Оформление отчёта о выполненной работе и заявки на разработку АС (тактико-технического задания).
2. Разработка концепции АС	2.1. Изучение объекта. 2.2. Проведение необходимых научно-исследовательских работ. 2.3. Разработка вариантов концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя. 2.4. Оформление отчёта о выполненной работе.
3. Техническое задание	Разработка и утверждение технического задания на создание АС.
4. Эскизный проект	4.1. Разработка предварительных проектных решений по системе и её частям. 4.2. Разработка документации на АС и её части.
5. Технический проект	5.1. Разработка проектных решений по системе и её частям. 5.2. Разработка документации на АС и её части. 5.3. Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и (или) технических требований (технических заданий) на их разработку. 5.4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации.
6. Рабочая документация	6.1. Разработка рабочей документации на систему и её части. 6.2. Разработка или адаптация программ.
7. Ввод в действие	7.1. Подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие. 7.2. Подготовка персонала. 7.3. Комплектация АС поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями). 7.4. Строительно-монтажные работы. 7.5. Пусконаладочные работы. 7.6. Проведение предварительных испытаний. 7.7. Проведение опытной эксплуатации. 7.8. Проведение приёмочных испытаний.
8. Сопровождение АС	8.1. Выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами. 8.2. Послегарантийное обслуживание.

Безусловно АСУ как система — гораздо сложнее ИС. Чтобы показать это, сначала обозначим участников проектирования АС, согласно ГОСТ 2.103-2013 [40]:

Организация-заказчик (пользователь), для которой создаются АС и которая обеспечивает финансирование, приёмку работ и эксплуатацию АС, а также выполнение отдельных работ по созданию АС.

Организация-разработчик, которая осуществляет работы по созданию АС, представляет заказчику совокупность научно-технических услуг на разных стадиях и этапах создания, а также разрабатывает и поставляет различные программные и технические средства АС.

Организация-поставщик, которая изготавливает и поставляет программные и технические средства по заказу разработчика или заказчика.

Организация-генпроектировщик объекта автоматизации.

Организации строительные, монтажные, наладочные и другие.

Организации-проектировщики различных частей проекта объекта автоматизации для проведения строительных, электротехнических, санитарно-технических и других подготовительных работ, связанных с созданием АС.

Для удобства дальнейших пояснений проведём группировку стадий ЖЦ АС, как это показано в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Группы стадий ЖЦ АС

Группа стадий	Список стадий создания АСУ
1. До ТЗ	1-Формирование требований к АС 2-Разработка концепции АС
2. Подписание ТЗ	3-Техническое задание
3. Исполнение системы	4-Эскизный проект 5-Технический проект 6-Рабочая документация (Рабочий проект)
4. Завершение работ	7-Ввод в действие 8-Сопровождение АС

Группа стадий «До ТЗ», как правило, включает работы, которые *ведутся на инициативной основе* потенциальными заказчиками АС и потенциальными разработчиками АС:

- а) **потенциальный заказчик формирует требования к АС и её концепцию** с помощью своих специалистов и сторонних консультантов, а также определяет список потенциальных разработчиков;
- б) **потенциальные разработчики знакомятся с результатами** потенциальных заказчиков, *оценивают свои возможности, предлагают своё видение проблем и пытаются оценить стоимость* возможного проекта и своё участие в нём.

В большинстве случаев, потенциальные разработчики работают с некоторыми эскизами ТЗ потенциального заказчика.

Обычно, по результатам двух первых стадий, потенциальные разработчики пишут **«Технико-коммерческие предложения»** (ТКП), на конкурсной основе которых выбираются и утверждаются:

- а) Организация-генпроектировщик;
- б) Организации-проектировщики (субподрядчики);
- в) стадии, этапы и стоимость разработки АС.

Группа стадий «Подписание ТЗ» содержит только одну стадию ЖЦ АС «Техническое задание».

На основании результатов конкурса ТКП, Организация-генпроектировщик пишет ТЗ в соответствии с ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы» [41]. В ТЗ записываются все требования к АС, определяются все Организации, Орга-

низации-проектировщики, сроки начала и завершения всех последующих стадий и этапов создания системы.

Примечание — Текст ТЗ излагается в стиле требований *«как должно быть»*. Все последующие документы, несмотря на то, что работа по созданию АС ещё не завершена, излагаются в совершенной форме: *выполнено, разработано* и другие.

По необходимости, составляются частные ТЗ (ЧТЗ) на АС и *ЧТЗ на разработку программного обеспечения* в соответствии с *ГОСТ серии 19*:

- а) ЕСПД ГОСТ 19.102-77 «Стадии разработки» [42];
- б) ЕСПД ГОСТ 19.201-78 «Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению» [43].

После серии согласований, все ТЗ и ЧТЗ подписываются *вместе с договором на создание АС*, который содержит *стоимость выполнения работ, сроки оплаты работ*, а также *условия разрешения разногласий* по невыполненным работам.

На стадии подписания ТЗ разрешается, если согласована Организация-заказчик:

- а) *исключить стадию «Эскизный проект»*;
- б) *объединить стадии «Технический проект» и «Рабочая документация» в одну стадию «Технорабочий проект»*.

После подписания ТЗ, оно *становится основным документом*, в соответствии с которым проводятся все работы, сдача этапов работ, предъявление претензий и оплата работ.

Группа стадий «Исполнение системы» — *это основная работа*, которую должна выполнить Организация-разработчик. При необходимости, Организация-разработчик может без согласования с Организацией-заказчиком, только на основании внутренних распоряжений:

- а) *делить стадии и этапы работ*, в соответствии с ограничениями основного ТЗ;
- б) *формировать ЧТЗ* на подсистемы АС и программное обеспечение.

Группа стадий «Исполнение системы» завершается передачей Организации-заказчику разработанных Исполнителем:

- а) *технических и программных средств АС*;
- б) *рабочей документации на АС*.

Группа стадий «Завершения работ» является *особенной*. Степень участия и ответственность в ней Организации-разработчика *определяется ТЗ и условиями договора*. Обычно Организация-разработчик выступает в качестве *Наблюдателя* или *Консультанта*.

2.2.4 Виды обеспечения и внутренние структуры АСУ

Функции, состав и структуры АСУ *определяются её техническим заданием*. В целом состав АСУ определяется *видами обеспечений*, которые она может предоставить пользователям.

Список видов обеспечений АСУ определён *ГОСТ 24.103-84* [44]: информационное, программное, техническое, организационное, метрологическое, правовое и лингвистическое обеспечения.

Виды обеспечения выбираются в зависимости от вида АС. Очевидно, что в АСУ присутствуют все восемь видов, определённых стандартом ГОСТ 24.103-84 [44]:

1. **Математическое обеспечение** — *методы решения задач управления*, модели и алгоритмы, в функционирующей системе математическое обеспечение реализовано в составе программного обеспечения.

2. **Информационное обеспечение АСУ** — классификаторы технико-экономической информации, нормативно-справочная информация, форма представления и организация данных в системе, в том числе формы документов, видеограмм, массивов и логические интерфейсы (протоколы обмена данными).
3. **Программное обеспечение** — программы (в том числе программные средства) с программной документацией на них, необходимые для реализации всех функций АСУ в объёме, предусмотренном в техническом задании на создание АСУ.
4. **Техническое обеспечение** — технические средства, необходимые для реализаций функций АСУ, которые в общем случае оно включает средства получения, ввода, подготовки, обработки, хранения (накопления), регистрации, вывода, отображения, использования, передачи информации и средства реализации управляющих воздействий.
5. **Организационное обеспечение** — документы определяющие функции подразделений управления, действия и взаимодействие персонала АСУ.
6. **Метрологическое обеспечение** — метрологические средства и инструкции по их применению.
7. **Правовое обеспечение** — нормативные документы, определяющие правовой статус АСУ, персонала АСУ, правил функционирования АСУ и нормативы на автоматически формируемые документы, в том числе на машинных носителях информации. Правовое обеспечение АСУ в составе функционирующей системы реализуется в виде документов организационного обеспечения АСУ.
8. **Лингвистическое обеспечение** — тезаурусы и языки описания и манипулирования данными. Лингвистическое обеспечение функционирующей АСУ может присутствовать в ней самостоятельно или в виде решений по информационному обеспечению АСУ и в документах организационного обеспечения АСУ.

Что касается *структур АСУ*, то они характеризуют внутреннее строение системы, описывают устойчивые связи между её элементами. Стандарт [44] указывает на следующие **виды структур**, отличающиеся типами элементов и связей между ними:

1. **Функциональная**: элементы — функции, задачи, операции; связи — информационные связи.
2. **Техническая**: элементы — устройства; связи — линии связи.
3. **Организационная**: элементы — коллективы людей и отдельные исполнители; связи — информационные, соподчинения и взаимодействия.
4. **Алгоритмическая**: элементы — алгоритмы; связи — информационные.
5. **Информационная**: элементы — формы существования и представления информации в системе; связи — операции преобразования информации в системе.

Завершая данный подраздел отметим, что мы не разбирали подробно все стандарты ГОСТ серии 34. Здесь отмечены только моменты, характерные для всех АС, представителем которых безусловно являются системы АСУ. В следующем подразделе, рассматривая классификацию САПР, мы дополнительно обратимся к другим стандартам.

2.3 Классификация САПР

Основная тематика данного подраздела — общий обзор и классификация «Систем автоматизированного проектирования» (САПР), которые должны приблизить нас к пониманию *какими средствами ИТ* (информационных) *технологий* стала проводиться автоматизация конструкторского и технологического проектирования.

Первые стандарты на САПР стали формироваться *в конце 70-х годов*, параллельно стандартам на АСУ и программное обеспечение. Ниже представлен список наиболее известных из них:

- а) ГОСТ 22487-77 «Проектирование автоматизированное. Термины и определения» [45];
- б) ГОСТ 23501.9-80 «Системы автоматизированного проектирования. Общие требования к автоматизированным банкам данных» [46] (не действует);
- в) ГОСТ 23501.101-87 «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения» [47];
- г) ГОСТ 23501.108-85 «Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначения» [48].

Мы не будем подробно анализировать содержимое этих устаревших стандартов, а обратим внимание на последний из них, определяющий состав классификационных группировок САПР, показанный на рисунке 2.6.

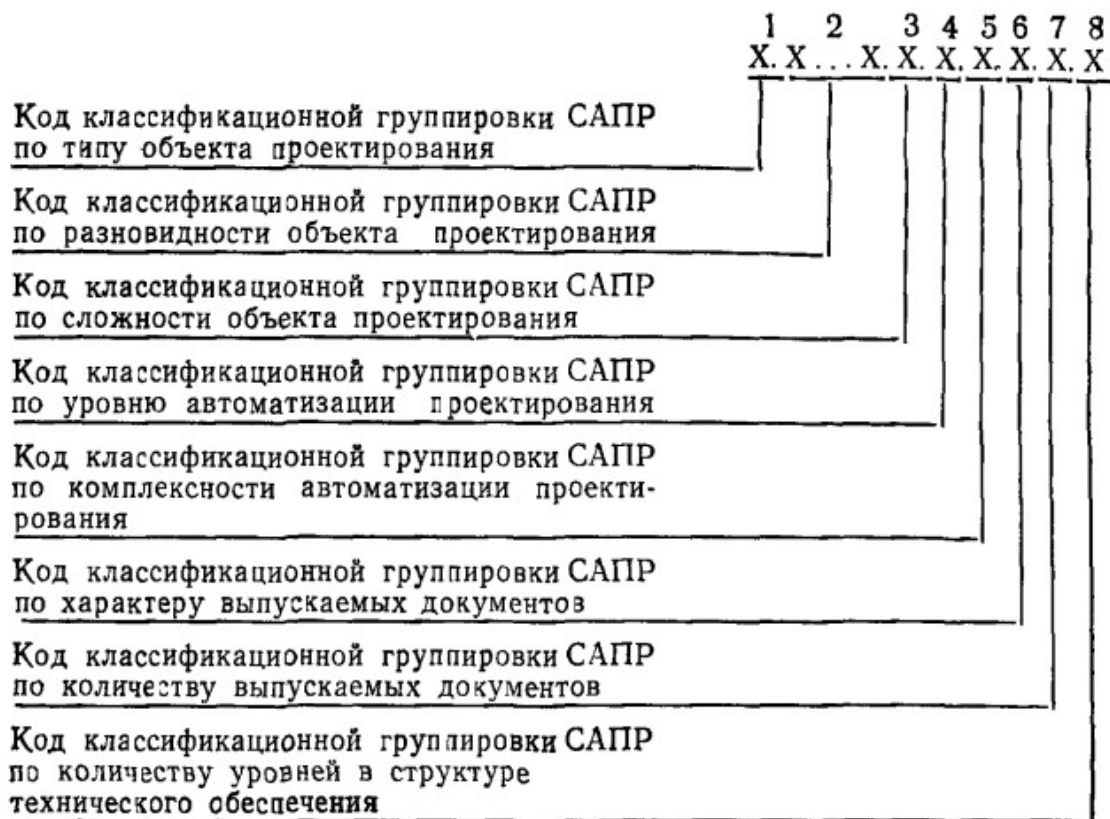


Рисунок 2.6 — Состав классификационных группировок САПР [48]

В Википедии приводится более наглядная классификация САПР, показанная на рисунке 2.7: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования.

Более современные представления по данной теме изложены в учебных изданиях доктора технических наук Игоря Петровича Норенкова [38, 39], в которых системы проекти-

рования рассматриваются в контексте близком к общему контексту понятий АСУ и АС и опираются на положения ГОСТ серии 34. Такой классический подход стал уместным *в начале 2000-х годов*, поскольку с единых позиций отражал общую проблематику внедрения АС в промышленность. Многие вопросы таких представлений мы уже рассмотрели в предыдущем подразделе.

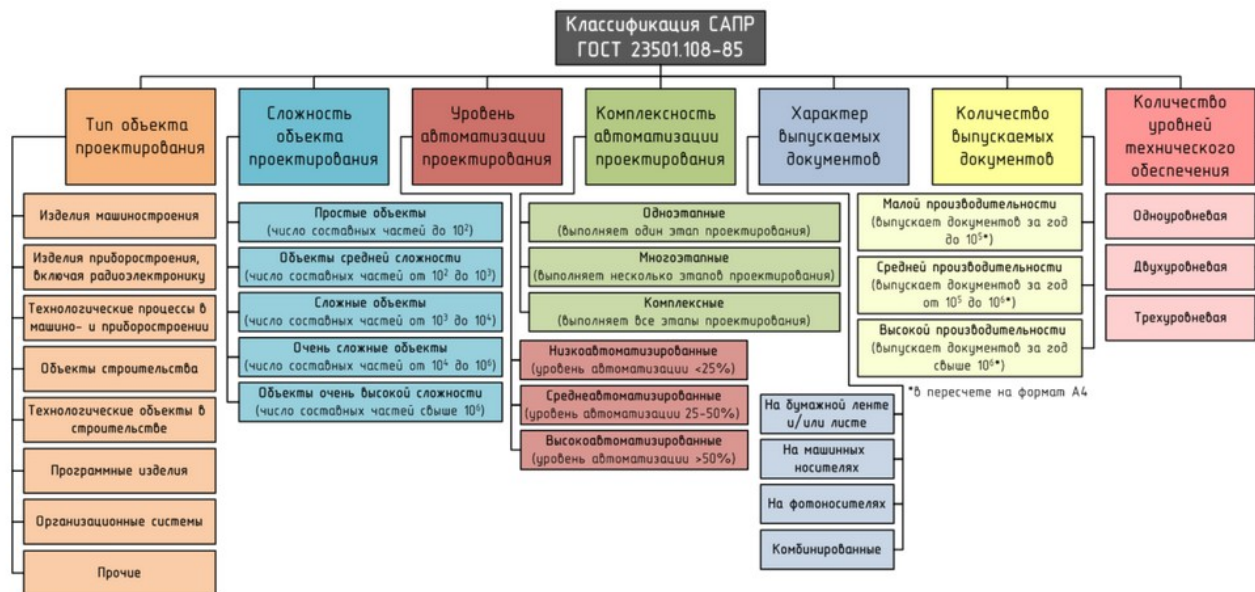


Рисунок 2.7 — Классификация САПР (из Википедии)

Чтобы наглядно показать позицию Норенкова И.П., рассмотрим рисунок 2.8, заимствованный из учебника [39, рис. 1.1, с. 25]. На нём представлена привязка различных подсистем АС к стадиям «Жизненного цикла изделий» (ЖЦИ) [16].

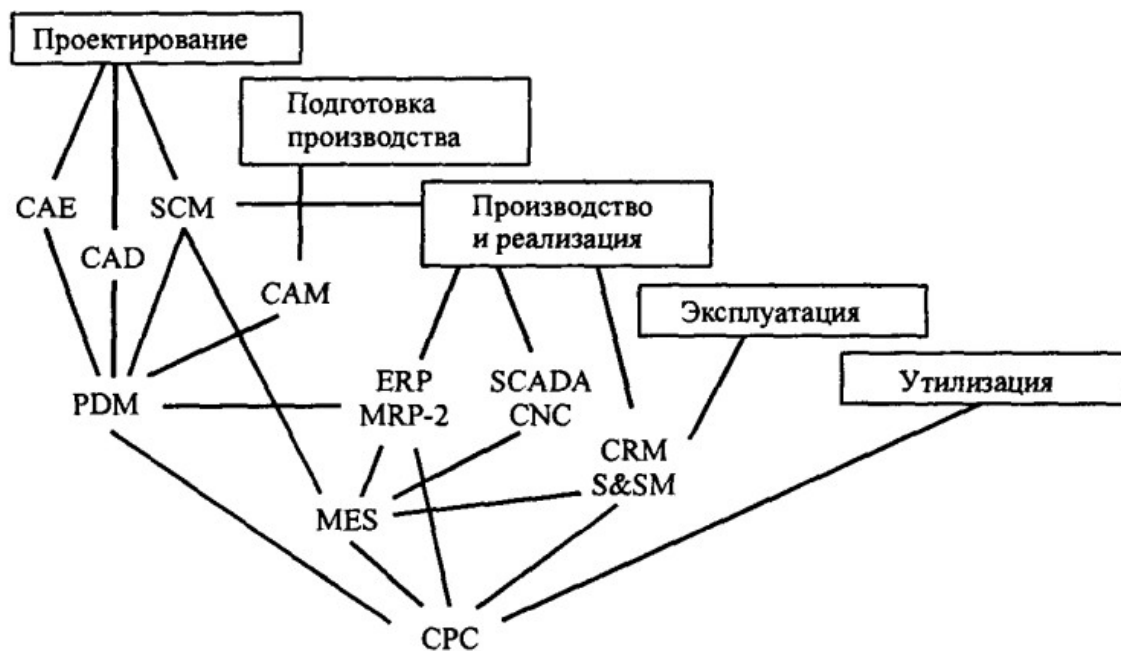


Рисунок 2.8 — Проекция различных систем автоматизации (СА) на стадии ЖЦИ [39]

Сразу отметим, что изучая тематику данной дисциплины, мы будем придерживаться ограничительной концепции пункта 2.1.2, рассматривающей САПР как системы автоматизации (СА), главная особенность которых в том, что СА проектируются и создаются как достаточно самостоятельные системы специального назначения, по необходимости внедряемые отдельными предприятиями (организациями). Такой подход более адекватно отражает текущее состояние дел в предметной области автоматизации конструкторского и технологического проектирования.

На рисунке 2.7 интересующие нас САПР привязаны к стадиям ЖЦИ: «Проектирование» и «Подготовка производства». Обратите внимание, что стадию «Проектирование» мы рассматриваем как последовательность двух видов деятельности: «Конструкторское проектирование» и «Технологическое проектирование». Такой подход был обозначен в учебном материале первого раздела (см. также рисунок 1.2). Соответственно, система *SCM* (Supply Chain Management) — система управления поставками сырья и продукции, а также система *CPC* (Collaborative Product Commerce) — система управления данными в интегрированном пространстве не являются САПР. Это — управляющие системы и здесь не рассматриваются.

Общий обзор САПР проведём в последовательности, указанной сокращениями: CAD, CAE, CAM и PDM. Начнём с обсуждения технологии «бумажного проектирования».

2.3.1 Бумажные технологии проектирования и САПР

Бумажные технологии проектирования (БТП) появились задолго до идей создания ОГАС и АСУ. Типичными инструментами инженера-проектировщика были:

- а) логарифмическая линейка (см. рисунок 2.9);
- б) кульман (см. рисунок 2.10);
- в) ватман форматов А0 (841x1189) или А1 (594 x 841) — см. рисунок 2.11 и таблицу 1.5;
- г) чертёжный набор карандашей (см. рисунок 2.12);
- д) готовальня — чертёжный набор для рисования тушью (см. рисунок 2.13).

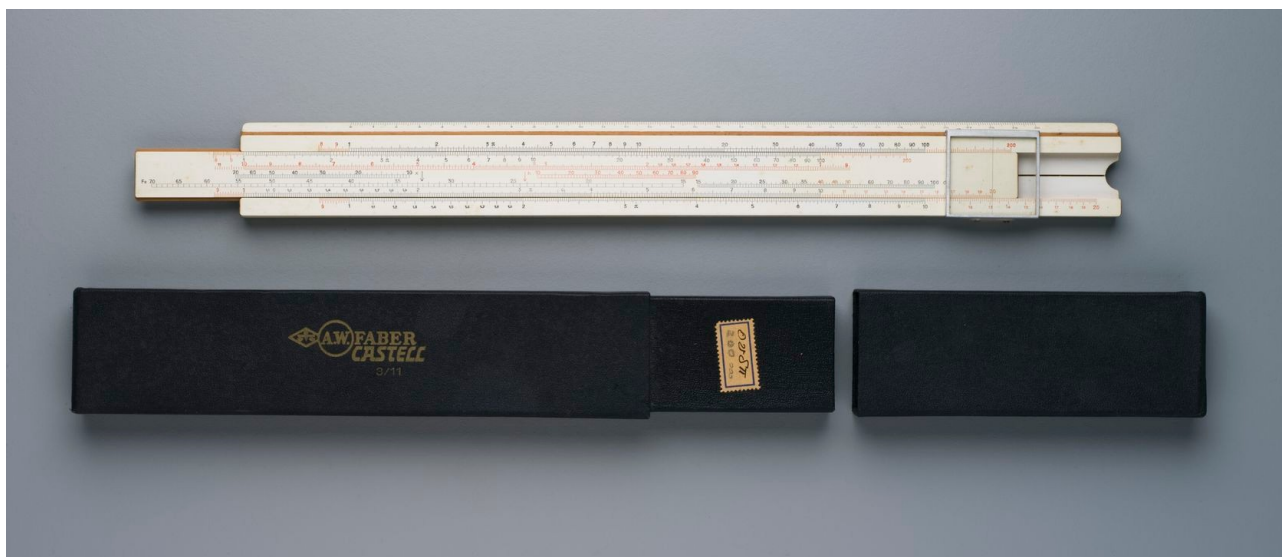


Рисунок 2.9 — Логарифмическая линейка (Интернет)

Логарифмическая линейка — аналоговый вычислительный инструмент инженера-проектировщика с обычной длиной 30 см и шкалой 24 см. Позволяет выполнять разные математические операции, включая умножение и деление чисел, возведение их в квадрат и куб, вычисление квадратных и кубических корней, логарифмов, потенцирование (нахождение

числа по известному значению его логарифма), вычисление тригонометрических и гиперболических функций и ряд других операций.



Рисунок 2.10 — Типичное использование кульмана в конструкторском бюро (Интернет)

Кульман — *чертёжная доска* с установленной пантографной системой перпендикулярно расположенных линеек, позволяющих прецизионно рисовать прямые линии под любыми углами. Считается, что название прибора произошло от фамилии Франса Кульмана, который в 1903 году организовал собственную компанию «Franz Kuhlman KG», занимавшуюся производством приборов точной механики.



Рисунок 2.11 - Ватман в рулоне (Интернет)

Ватман — белая высокосортная («шероховатая») бумага без ярко выраженной фактуры, плотная, с поверхностной проклейкой. Отличается большой стойкостью к истиранию.

Считается, что название произошло от фамилии английского фабриканта James Whatman, который впервые изготовил её в 1750 году, в Англии.

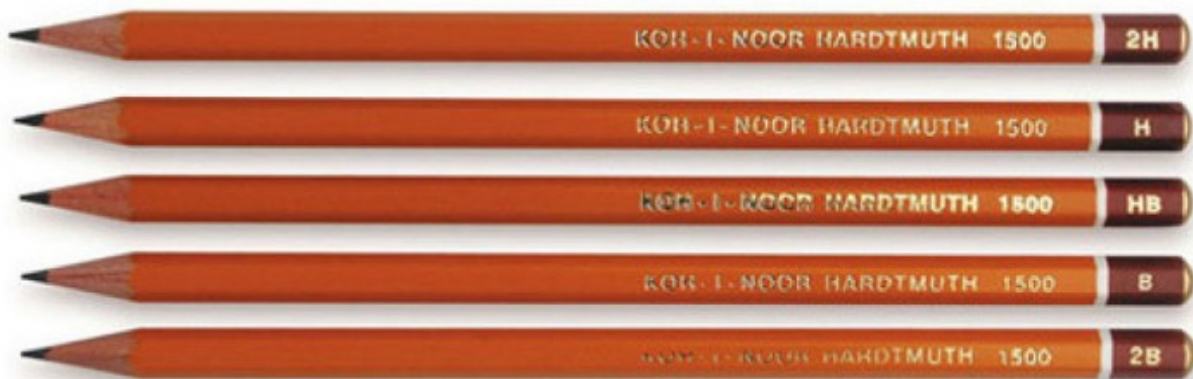


Рисунок 2.12 — Чертёжный набор карандашей (Интернет)

Чертёжный набор карандашей — набор графитовых карандашей различной твёрдости (мягкости) используемый для рисования «чернового» варианта чертежей на ватмане.



Рисунок 2.13 — Готовальня — чертёжный набор для рисования тушью (Интернет)

Готовальня — набор чертёжных инструментов со специальными названиями, обеспечивающий рисование «чистовых» вариантов чертежей на ватмане.

Обычно «черновые» варианты конструкторских и иных чертежей рисовались (согласовывались и переделывались) карандашами. После утверждения, «чистовые» варианты чертежей рисовались тушью. Работа завершалась технической фотосъёмкой (микрофильмированием) в масштабах от 1:3 до 1:50 и передачей отработанного фотоматериала на сохранение в архивы.

Примечание — Во всех своих проявлениях *бумажные технологии проектирования* (БТП) значительно сдерживают развитие стадий «Проектирование» и «Подготовка производства» ЖЦИ.

Безусловно появление цифровой вычислительной техники поставило задачу автоматизировать БТП с помощью этих средств. Первая из этих решённых задач состояла в рисовании чертежей с помощью графопостроителей (пантографических приборов), один из примеров которого показан на рисунке 2.14.

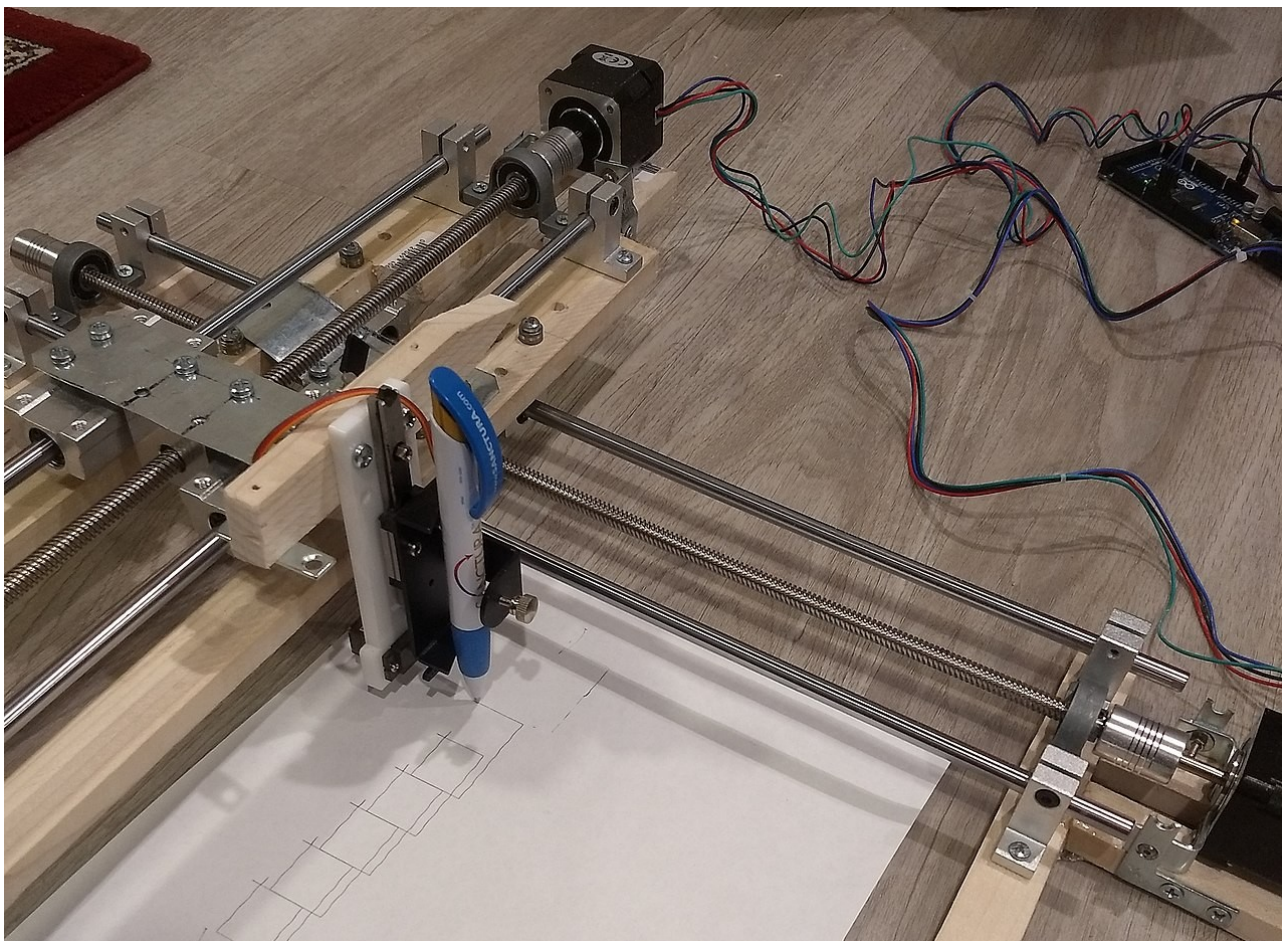


Рисунок 2.14 — Один из примеров плоттера (Интернет)

Графопостроитель (плоттер, plotter) — *векторное графическое устройство* для автоматического вычерчивания рисунков, схем, сложных чертежей, карт и другой графической информации с большой точностью на плоскости размером до А0. Плоскость может представлять собой бумагу (ватман), кальку или другой материал, в зависимости от рисующей или режущей головки.

Считается, что первые плоттеры стали выпускаться *с 1959 года*, а системы и технологии, обеспечивающие автоматизацию БТП, получили название *Computer-aided design* (CAD),

что было закреплено и в российских стандартах как *Системы автоматизированного проектирования* (САПР) [45].

Анализируя состояние развития технологий CAD (САПР) *на начало 2000-х годов*, профессор Норенков И.П. считает [38, рис. 1.1, с. 13], что их программное обеспечение имеет общую структуру, показанную на рисунке 2.15 и содержащую проектирующие и обеспечивающие подсистемы.

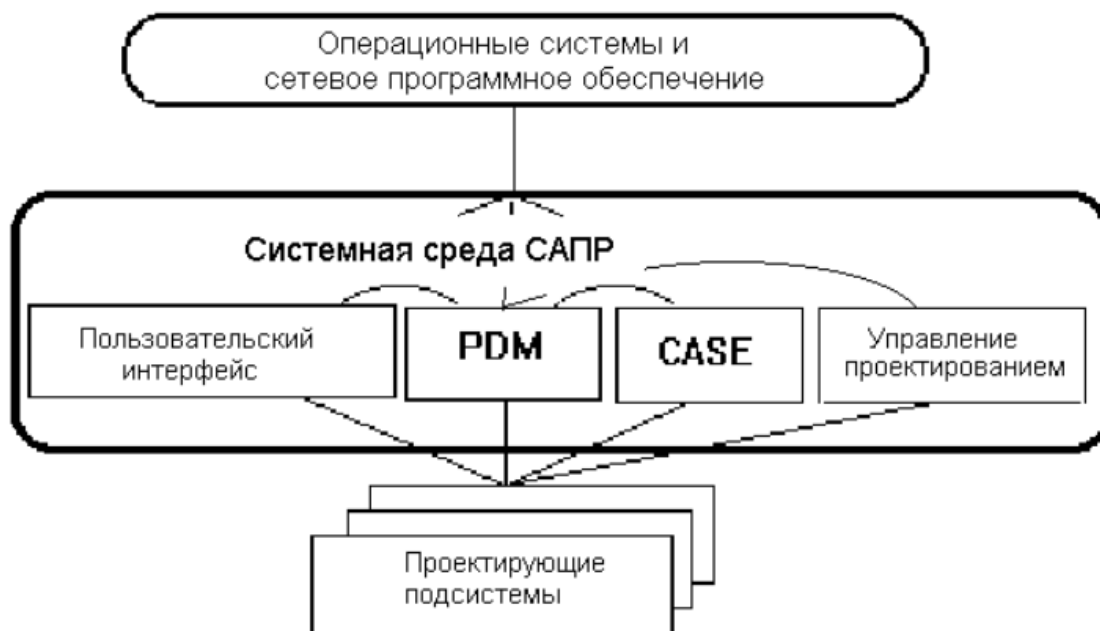


Рисунок 2.15 - Структура программного обеспечения САПР [38]

Проектирующие подсистемы — это подсистемы, которые непосредственно выполняют проектные процедуры, например, подсистемы геометрического трёхмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации, схмотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах и другие подобные подсистемы.

Обслуживающие подсистемы — системная среда САПР, обеспечивающая функционирование проектирующих подсистем и содержащая: пользовательский и программный интерфейсы для связи разработчиков с ЭВМ, подсистему управления проектными данными (PDM, Product Data Management), CASE-системы (Computer Aided Software Engineering) для разработки и сопровождения программного обеспечения САПР, управление процессом проектирования (DesPM, Design Process Management), обучающие и другие подсистемы.

В целом современная английская аббревиатура CAD стала ассоциироваться с системами *двухмерного* (2D) и *трёхмерного* (3D) геометрического проектирования изделий. Более подробно рассмотрим те, что были заявлены ранее.

2.3.2 Геометрические ядра и системы CAD

Для выполнения компьютерного черчения или рисования 3D-модели изделия необходимы не только ЭВМ и плоттер. Необходимо ещё специальное программное обеспечение, которое позволило бы инженеру-проектировщику рисовать различные линии и другие фигуры, отображающие целевой прототип изделия на плоскости. Основу такого программного обеспечения составляет «Геометрическое ядро САПР».

Геометрическое ядро САПР (CAD Geometric Kernel) — *встраиваемое в САПР его производителем программное обеспечение*, позволяющее точно описывать форму моделируемого объекта и взаимосвязи элементов геометрической модели.

Первые работы по созданию ядер САПР *начались 1965 году* командой учёных лаборатории Кембриджского университета, где было создано *подразделение CAD Group*, возглавляемое Чарльзом Лэнгом. Об этом и состоянии развития геометрических ядер САПР *на январь 2011 года* хорошо написал Дмитрий Ушаков в статье «На ядре», размещённой на сайте: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14210. Итоговые данные из этой статьи представлены в таблице 2.4. Полужирным шрифтом выделены те ядра, которые имеют интерес для рассмотрения и анализа. Красным цветом — новые ядра российских разработчиков.

Таблица 2.4 — Итоговые данные о геометрических ядрах

Ядро	Доступно с	Разработчик	САПР, основанные на ядре
ROMULUS	1982	Shape Data	HP ME30, CAM-I A
Designbase	1986	Ricoh	CADRA, Helix, ICAD, GMSWorks
ACIS	1989	Spatial (Dassault Systemes)	ADEM, Alibre Design, Bricscad, Creo Elements/Direct (частично), IRONCAD, KeyCreator, TurboCAD, SpaceClaim
Parasolid	1989	Siemens PLM Software	IRONCAD, KeyCreator, MicroStation, NX, Solid Edge, SolidWorks, T-FLEX
SMLib	1998	Solid Modeling Solutions	?
Open CASCADE	1999	OPEN CASCADE (Areva)	CAD-Schroer, FreeCAD
GRANITE	2001	PTC	Creo Elements/Pro (Pro/Engineer)
SOLIDS++	2004	IntegrityWare	Rhino (частично)
CGM	2010	Dassault Systemes	CATIA V5, V6, SolidWorks V6
C3D	2012	C3D Labs — часть ASCON Group	Компас 3D
RGK	2013	Минпромторг	Новое ядро — Russian Geometric Kernel

Программное обеспечение геометрических ядер очень сложное и дорогое. Подавляющее большинство разработчиков САПР предпочитают использовать уже готовые ядра на основе различных лицензий. Переход на новые ядра не только сложен, но и приводит к серьёзным проблемам и большим финансовым потерям у потребителей САПР.

Первые САПР имели небольшие функциональные возможности, но использовали очень дорогую вычислительную технику. Современные САПР могут работать на рабочих станциях и персональных компьютерах. Стоимость аппаратных средств значительно снизилась. Появилась возможность использовать операционные системы общего пользования. Многие разработчики ядер и САПР предпочитают ОС MS Windows, но увеличилась и потребность в интеграции различных систем автоматизации. Это порождает увеличение не только объёма проектной документации, выпускаемой отдельными системами, но и потока передаваемой документации между различными системами.

Чтобы лучше конкретизировать учебный материал и разделять сокращение CAD от других названий конкретных реализаций САПР, мы будем придерживаться *отраслевой семантики обозначений*:

- а) **CAD** — *обобщённое название* программного обеспечения САПР, включающее геометрическое ядро;
- б) **MCAD** — *Mechanical computer-aided design* подразумевает машиностроительные **САПР-М**, применяемые в автомобилестроении, судостроении, авиакосмической промышленности, производстве товаров народного потребления;
- в) **ECAD** — *Electronic computer-aided design* подразумевает электротехнические **САПР-Э**, применяемые для радиоэлектронных средств, интегральных схем и печатных плат;

- г) **АЕС CAD** — *Architecture, engineering and construction computer-aided design*, подразумевает архитектурные **САПР-А**, применяемые для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и прочее.

Далее рассмотрим несколько примеров (в основном MCAD), как наиболее ярких представителей систем CAD. Прототипы изделий таких CAD имеют сложные поверхности, которые необходимо отображать 3D-моделями.

AutoCAD — проприетарная CAD, АЕС, GIS (Geographic information system) и черчения компании *Autodesk*, первый выпуск которой состоялся **в 1982 году**. Имеет собственное графическое ядро **ASM**, совместимое с ядром **ACIS**.

Свою популярность AutoCAD получил благодаря функциям черчения, оперируя небольшим числом элементарных объектов, такими как круги, линии, дуги и текст, из которых составлялись более сложные объекты. Требования к аппаратным средствам ЭВМ были также небольшие, например, на рисунке 2.16 показано окно **AutoCAD 2006**, запущенное под ОС MS Windows XT.

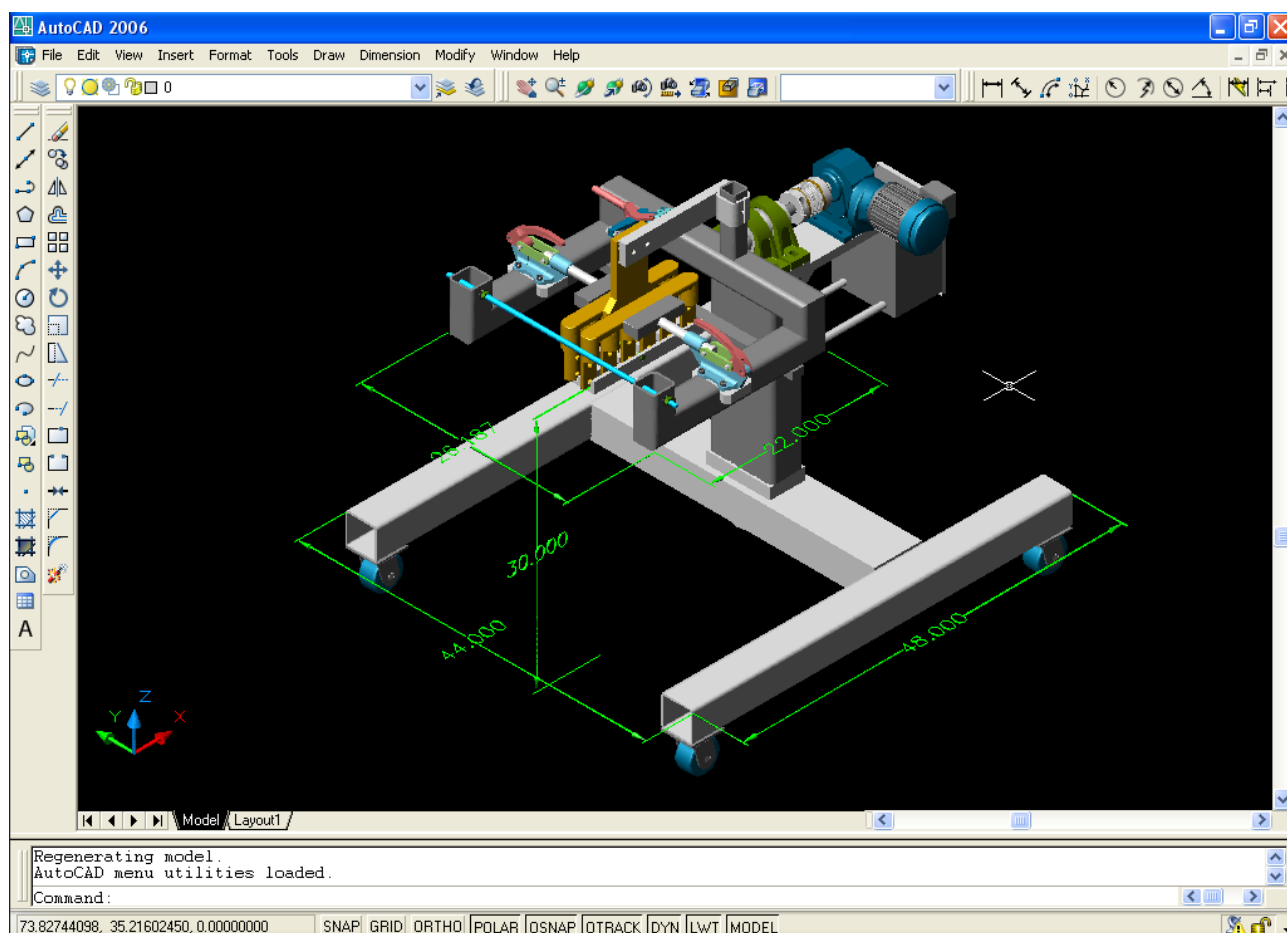


Рисунок 2.16 — Внешний вид системы AutoCAD 2006 компании Autodesk (Интернет)

Базовая версия AutoCAD стала универсальной платформой для разработки приложений, чему способствует большой набор созданных инструментальных средств. Самой компанией Autodesk и сторонними производителями разработано большое количество специализированных прикладных приложений: AutoCAD Mechanical, AutoCAD Electrical, AutoCAD Architecture, GeoniCS, Promis-e, PLANT-4D, AutoPLANT, **СПДС GraphiCS**, MechaniCS, GEOBRIDGE, САПР ЛЭП, Rubius Electric Suite и другие.

В частности модуль СПДС предназначен для оформления чертежей в соответствии с ГОСТ 21.1101-2009 «Основные требования к проектной и рабочей документации» и других нормативных документов. Для этого в программу добавляется комплект чертёжных шрифтов, соответствующих ГОСТ 2.304-81 «Единая система конструкторской документации. Шрифты чертёжные».

AutoCAD читает и создаёт файлы форматов DWG и DXF:

- а) **DWG** — бинарный «закрытый» формат файла, имеющий расширение *.dwg* и используемый для хранения двухмерных (2D) и трёхмерных (3D) проектных данных и метаданных в системах CAD; разработан Майком Риддлом в *конце 1970-х годов* и лицензирован *в 1982 году* компанией Autodesk как основной формат для системы AutoCAD;
- б) **DXF** — открытый текстовый формат файлов, имеющий расширение *.dxf* и созданный компанией Autodesk для обмена графической информацией между приложениями системы AutoCAD.

Популярность системы AutoCAD привела к тому, форматы DWG и DXF стали «стандартами де-факто» в области двухмерного проектирования. **В феврале 1998 года** компания Visio Corporation с рядом других компаний создали независимую некоммерческую организацию **OpenDWG Alliance**, целью которой являлось продвижение DWG, как открытого, общедоступного стандарта для хранения чертёжных данных. **В 2003 году** этот альянс был переименован в **Open Design Alliance (ODA)**.

В настоящее время AutoCAD поддерживает чтение и запись следующих форматов файлов:

- а) **импорт**: 3DS, DGN, JT, SAT, PDF, STEP и некоторые другие;
- б) **экспорт**: DGN, SAT, STL, IGES, FBX и некоторые другие.
- в) **начиная с версии 2012**, имеется возможность преобразовывать файлы, полученные из трёхмерных САПР Inventor, SolidWorks, CATIA, NX и некоторых других в формат DWG.

В России популярность AutoCAD была вызвана возможностью её установки и надёжной работы на слабых средствах вычислительной техники. Система была полностью русифицирована. Появилось достаточно много учебной литературы, например, [49 — 51], обеспечивающей обучение работе с этой системой.

КОМПАС — семейство САПР, которое расшифровывается как «**КОМП**лекс **Автоматизированных Систем**». Разработано для платформы ОС MS Windows российской компанией «Аскон» — разработчика и поставщика программного обеспечения, а также интегратора в сфере автоматизации проектной и производственной деятельности. Русский язык интерфейса и проприетарная лицензия. Первая версия вышла *в 1989 году*. Официальный сайт САПР «Компас» — *kompas.ru*. Официальный сайт компании-разработчика «Аскон» — *ascon.ru*.

Семейство КОМПАС предоставляется в нескольких редакциях.

Коммерческие версии:

- а) **Компас-3D** — создание трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих различные как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы;
- б) **Компас-График** — входящий в состав «Компас-3D» компонент, предназначенный для автоматизации проектно-конструкторских работ при создании чертежей в различных отраслях деятельности: машиностроение, архитектура, строительство;

- в) **Компас-Строитель** — автоматизация проектно-конструкторских работ в строительной отрасли, позволяющая создавать рабочую документацию согласно стандартам СПДС.

Некоммерческие версии:

- а) **Компас-3D LT** — упрощённая версия «Компас-3D» без возможности моделирования сборок, предназначенная для использования в школах, кружках, а также в личных образовательных целях;
- б) **Компас-3D HOME** — для использования в домашних и образовательных целях со встроенным интерактивным учебным пособием «Азбука КОМПАС»;
- в) **учебная версия «Компас-3D»** — полнофункциональная бесплатная версия «Компас-3D», предназначена для использования школьниками, студентами и аспирантами на домашних компьютерах в учебных целях.

Пример окна САПР КОМПАС-3D V14 [52] представлен на рисунке 2.17.

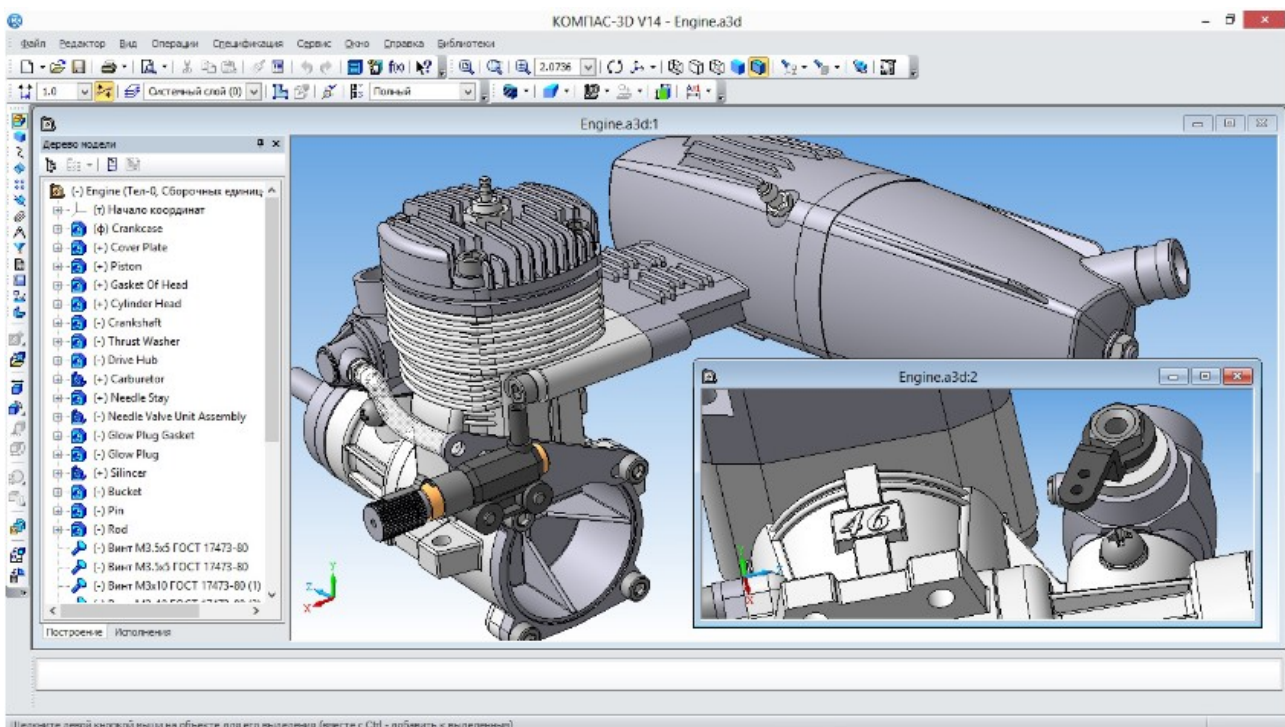


Рисунок 2.17 — Окно САПР КОМПАС-3D V14 [52]

Семейство КОМПАС использует собственное геометрическое ядро **C3D**. Как отмечено в статье [52]: «На сегодняшний день ядро C3D — единственное в мире, объединяющее в одном продукте три важнейших модуля САПР:

- а) *геометрический моделировщик* C3D Modeler, предоставляющий набор возможностей для твердотельного и гибридного моделирования, эскизирования и 2D-черчения;
- б) *решатель геометрических ограничений* C3D Solver, позволяющий накладывать вариационные зависимости на 2D и 3D элементы геометрической модели;
- в) *конвертер данных* C3D Converter, обеспечивающий чтение/запись геометрической модели в основные обменные форматы.

Все эти модули теперь доступны не только командам разработки внутри АСКОН, но и всем желающим».

T-FLEX CAD — *росcийская САПР* созданная российской компанией «Топ Системы», объединяющая в себе параметрические возможности 2D и 3D моделирования со средствами создания и оформления чертежей и конструкторской документации в соответствии с ЕСКД и зарубежными стандартами: ISO, DIN, ANSI. Разработана для среды ОС MS Windows. Основной формат файла документов — *.grb.

Первая версия системы была выпущена *в 1992 году* под названием TopCAD и до 1996 года выпускалась для ОС MS-DOS. *В 1999 году* было принято решение о переводе T-FLEX CAD на геометрическое ядро *Parasolid* и была получена лицензия на этот продукт.

Parasolid — *коммерческое ядро геометрического моделирования*, которое разрабатывается и поддерживается бизнес-подразделением «*Siemens PLM Software*» немецкого концерна *Siemens AG* — одного из ведущих поставщиков программных средств и услуг по управлению жизненным циклом изделия (PLM) и управлению технологическими процессами.

Современные функциональные возможности T-FLEX CAD — достаточно велики и позволяют оформлять всю конструкторскую документацию проектов в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

В целом, возможности системы требуют отдельного изучения. Имеется бесплатная версия, предназначенная для некоммерческого использования её в учебных целях. Для профессионального обучения имеется хороший учебник С.В. Протасовой «T-FLEX CAD. Начальный курс» [53]. На рисунке 2.18 показано основное окно системы, заимствованное из этого учебника.

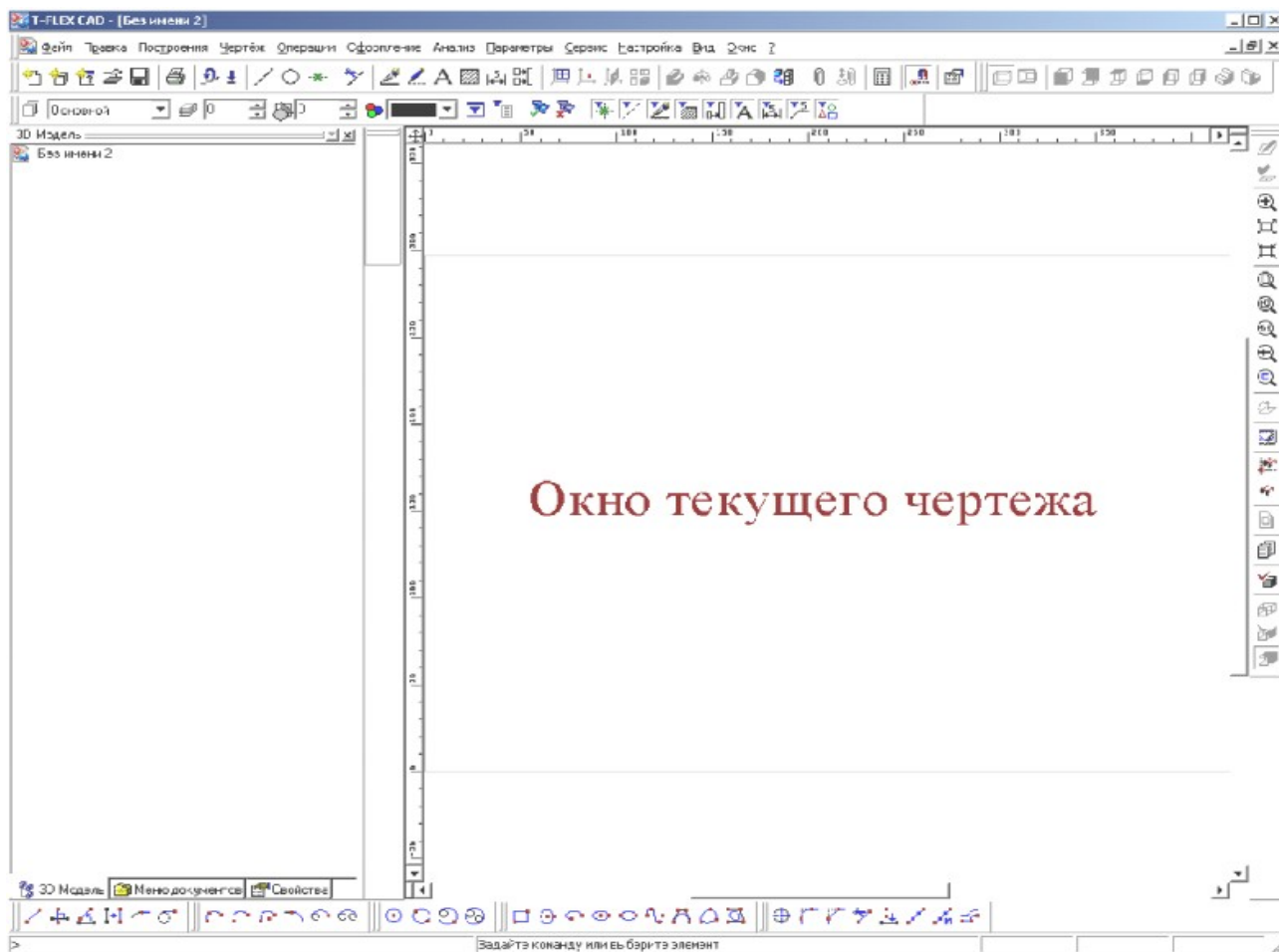


Рисунок 2.18 — Окно САПР T-FLEX CAD [53]

На этом мы заканчиваем краткое рассмотрение примеров систем САД, ориентированных на *прецизионное 2D и 3D представление моделей (прототипов) изделий*. Безусловно имеются и некоммерческие системы проектирования созданные, например, для платформы ОС Linux или для работы в сети с помощью Web-технологий. Такие системы как ***FreeCAD***, ***LibreCAD***, ***QCAD***, ***DRL-CAD***, ***OpenSCAD*** и многие другие имеют разный уровень проработки и технической поддержки. Многие из них могут быть взяты в качестве примеров для собственных разработок или стартапов.

2.3.3 Инженерные расчёты и системы САЕ

История развития инженерных расчётов тесно связана с историей развития вычислительной техники, включая цифровую вычислительную технику — ЭВМ. Начиная от «Русских счёт» (см. рисунок 2.19) и механических арифмометров «Феликс М», которые выпускались в России *с 1929 по 1978 годы* (см. рисунок 2.20), всегда имелись инженерные задачи, требующие вычислений.

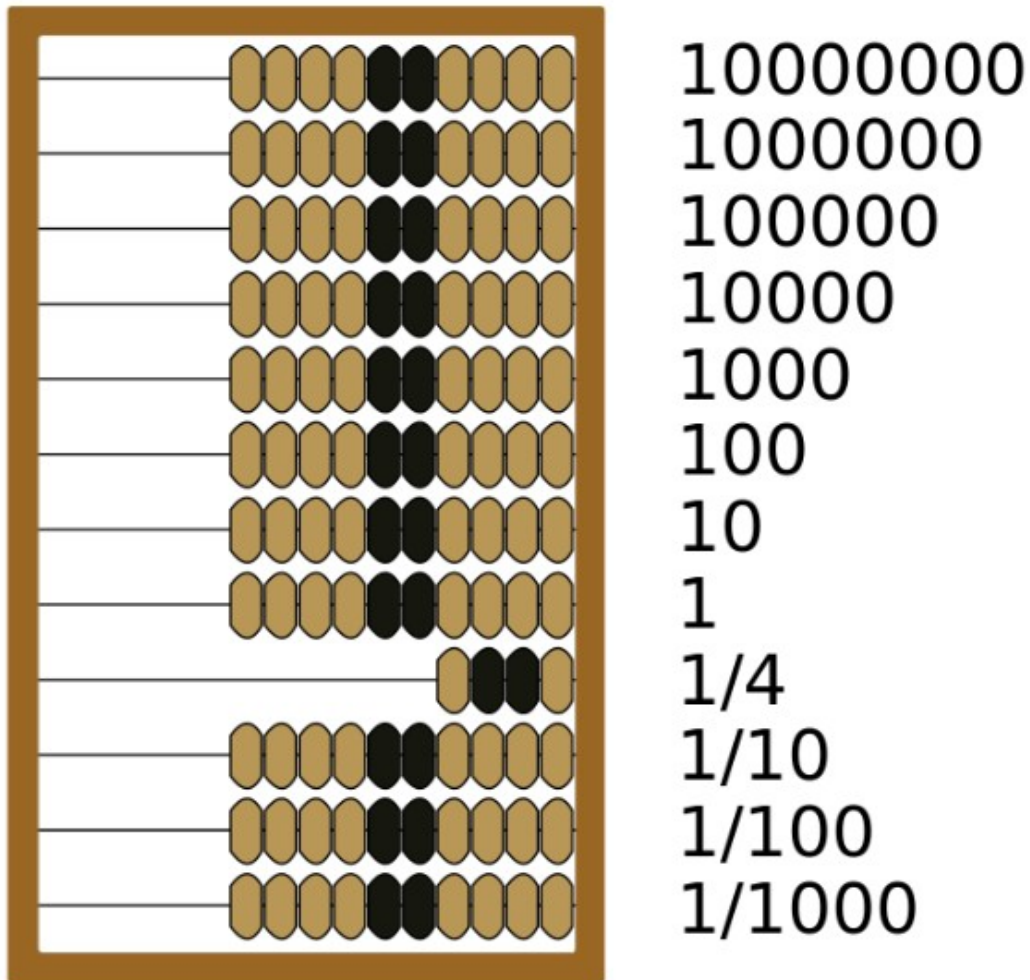


Рисунок 2.19 — Русские счёты (Интернет)

К аналоговой вычислительной технике относится и «Логарифмическая линейка», показанная ранее на рисунке 2.9. Последующее появление аналоговых и цифровых вычислительных машин позволило увеличить объём и скорость инженерных вычислений, но доля ручного труда оставалась значительной. Действительно, чтобы использовать ЭВМ, в общем случае, необходимо:

- а) разработать *адекватную математическую модель* проектируемого изделия;
- б) разработать *необходимые численные методы* для вычислений;
- в) написать и отладить *программное обеспечение для конкретной ЭВМ*, позволяющее реализовать вычислительный процесс разработанных методов;
- г) провести *конкретные вычислительные работы*;
- д) провести *анализ полученных результатов* вычислений.



Рисунок 2.20 — Механический арифмометр «Феликс М» (Интернет)

Систематические попытки автоматизировать расчётную деятельность инженеров начались **в 70-е годы** с появлением и широким распространением ОС UNIX. Обеспечивая полноценную операционную среду для разработки, сохранения и распространения программных систем, эта ОС позволила создавать библиотеки и программные комплексы, реализующие функции *систем компьютерной алгебры (СКА, Computer Algebra System, CAS)*.

Система компьютерной алгебры — прикладное программное обеспечение для символьных вычислений, выполняющих преобразования и работу с математическими выражениями в аналитической (символьной) форме.

В начале 80-х годов американская корпорация AT&T приступила к лицензированию ОС UNIX. В результате, как системное, так и прикладное программное обеспечение стало очень дорогим. Соответственно разработчики программных систем стали переходить на более дешёвые ОС — *Mac OS* и *MS Windows*. На них стали разрабатываться такие СКА как *MathCAD*, *MATLAB*, *Maple*, *Mathematica*, *Scilab* и другие.

MathCAD — *система компьютерной алгебры*, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, разработанная Аленом Раздовом из Массачусетского технологического института (MIT). **С 2006 года** главным разработчиком системы является корпорация PTC (Parametric Technology Corporation).

MathCAD — проприетарная система, первый выпуск которой состоялся **в 1986 году**. Выпускается под ОС MS Windows. Содержит множество операторов и встроенных функций для решения различных научных и технических задач. Позволяет выполнять различные численные и символьные вычисления, производить операции со скалярными величинами, векторами и матрицами. Автоматически переводит одни единицы измерения в другие. На рисунке 2.21 показано окно для работы с системой.

В целом, система MathCAD, как и перечисленные выше СКА, имеет собственный графический интерфейс для отображения результатов своей работы. Инженеры могут документировать все вычисления в процессе проведения своих численных экспериментов.

Главный недостаток таких систем — отсутствие явной привязки к конкретным проектным работам, требующим множества «ручных операций».

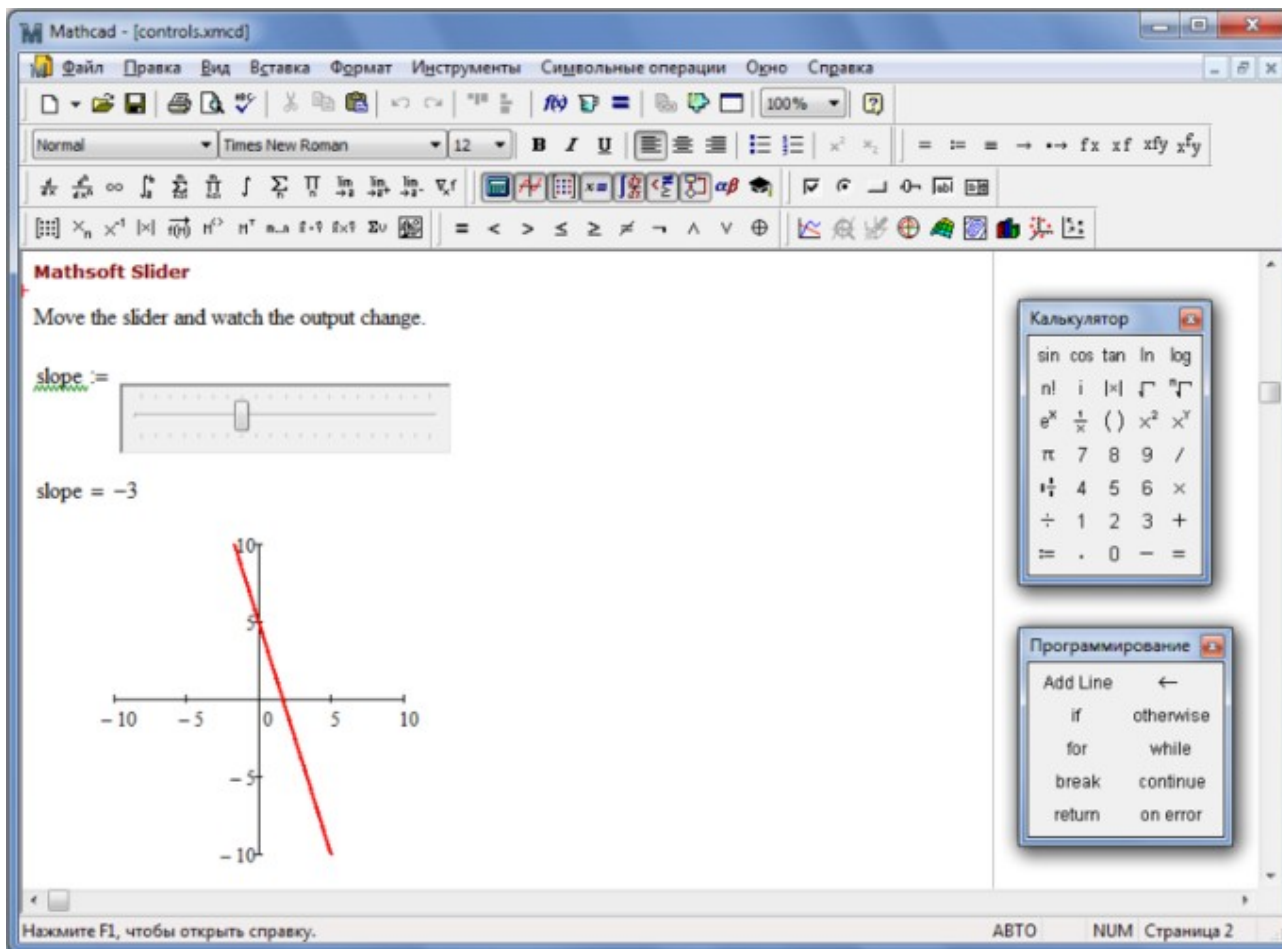


Рисунок 2.21 — Рабочее окно системы MathCAD (Интернет)

Очевидно, что система MathCAD и подобные ей СКА являются промежуточным этапом развития систем *CAE* (*Computer-aided engineering*).

CAE — общее название программ и пакетов, предназначенных для автоматизации решения различных инженерных расчётов, анализа результатов проектных работ и моделирования физических процессов.

CAE-системы — это конкретные программные продукты, позволяющие при помощи расчётных методов, таких как метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объёмов, оценить поведение компьютерной модели изделия в реальных условиях эксплуатации. Это помогает убедиться в работоспособности или неработоспособности изделий, без привлечения больших затрат времени и средств на проведение натурных испытаний.

В целом, CAE-системы развиваются в следующих *пяти основных направлениях*:

- а) **анализ напряжения** на деталях и сборках с использованием анализа методом конечных элементов (FEA, Finite element method);
- б) **анализ теплового и жидкостного потока** с помощью методов вычислительной гидродинамики (CFD, Computational fluid dynamics);
- в) **моделирование** многотельной динамики (MBD, MultiBody Dynamics) и кинематики;
- г) **разработка** инструментов анализа для моделирования процессов операций литья, формования и штамповки;
- д) **оптимизация** продуктов или процессов.

Современные CAE-системы разрабатываются как часть более общих CAD, образуя конкретные CAD/CAE-системы и являясь их «*Программным обеспечением*», реализующим «*Математическое обеспечение*». CAE-системам посвящён открытый инженерный портал www.proCAE.ru. Более общие вопросы изложены в учебном пособии Боровикова А.И. «Компьютерный инжиниринг» [54].

2.3.4 Технологическое проектирование и системы САМ и САРР

Рассматривая в первом разделе функциональную декомпозицию проектной деятельности (см. рисунок 1.2), мы выделили собственно технологическое проектирование (блок *A2*) и технологическую подготовку производства (блок *A3*).

Технологическое проектирование должно ответить на вопрос «*Как изделие может быть сделано?*». Для этого инженеры-технологи оформляют документацию в соответствии с требованиями стандартов ЕСТД. При необходимости проводится опытно-конструкторская разработка (ОКР), цель которой подтвердить, что изделие действительно может быть сделано и с нужным качеством.

Следует обратить внимание, один из выходов блока *A2* — «Требования по ТП» является обратной связью по управлению для блока «Выполнить конструкторское проектирование». Таким образом автоматизацию конструкторского и технологического проектирования лучше выполнять в одной системе CAD, что и делается на практике.

Проектирование технологической подготовки производства должно ответить на вопрос «*Когда и на каком оборудовании должно быть сделано изделие?*». Для этого инженеры-технологи проводят соответствующую работу и оформляют документацию в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП. Для автоматизации указанных работ используются системы САМ и САРР.

САМ (Computer-aided manufacturing) — система автоматизации, предназначенная для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ или подобных робототехнических систем. Часто сокращение САМ используется в расширительном толковании, включающем системы САРР. Например, когда говорят о системах CAD/CAE/CAM.

САРР (Computer-Aided Process Planning) — система автоматизации технологической подготовки производства, обеспечивающая планирование (проектирование) технологических процессов посредством *составления маршрута* изготовления изделия на основе документации ЕСКД.

Напомним, что стандартами ЕСТД определены такие обязательные виды документов, как МК (Маршрутная карта) и КТП (Карта технологического процесса) содержащие сведения о последовательности технологических операций изготовления детали, а также сборочных операциях, оборудованию, используемому на каждой операции, приспособлениям и инструментам, при помощи которых на операциях выполняется обработка.

Чтобы привести примеры конкретных САМ и САРР, обратимся к основной разработке российской компании «Топ Системы», названной как **T-FLEX PLM**, которая позиционируется ей как комплекс программных продуктов CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/CRM/PM/MDM/RM. Вспомним, что эти системы основаны на геометрическом ядре *Parasolid* компании *Siemens*.

Для нашего пункта интересными являются системы:

- а) **T-FLEX/ТехноПро** — интегрированный с T-FLEX CAD комплекс для автоматизации проектирования технологических процессов; позволяет организовать безбумажную технологию между конструкторскими и технологическими отделами предприятия;
- б) **T-FLEX Раскрой** — приложение для T-FLEX CAD, предназначенное для автоматизации раскроя листовых материалов для различных видов резки.

- в) **T-FLEX ЧПУ** — приложение для T-FLEX CAD, предназначенное для создания управляющих программ для станков с ЧПУ, опираясь на двухмерную или трёхмерную геометрию;
- г) **T-FLEX/Штампы** — проектирование оснастки штампов для листовой штамповки;
- д) **T-FLEX/Пресс-формы** — проектирование оснастки пресс-форм для литья термопластов под давлением.

2.3.5 Интеграция СА и системы PDM

Согласно рисунку 2.7, с проекцией различных систем автоматизации (СА) предприятия на жизненный цикл изделия (ЖЦИ), системы PDM призваны интегрировать как системы проектирования CAD, CAE, CAM, так и другие системы, относящиеся к трём стадиям ЖЦИ: «Проектирование», «Подготовка производства» и «Производство и реализация».

PDM (Product Data Management) — организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии.

Как показано на функциональной контекстной диаграмме проектной деятельности (см. рисунок 1.1), итогом проектирования является «Результирующий прототип» изделия. А поскольку системы автоматизации работают с моделями изделия, то можно с уверенностью говорить о *цифровом прототипе изделия*. Системы PDM должны отслеживать большие массивы данных и инженерно-технической информации, которая необходима на всех этапах проектирования. Такие данные, организованные PDM и относящиеся к одному изделию и, называются *цифровым макетом*.

Цифровой макет — совокупность электронных документов, описывающих изделие в плане содержания электронных чертежей или трёхмерных моделей, различную атрибутивную информацию по компонентам: номенклатуры, веса, длины, особые параметры, а также технические требования, директивные документы, техническую, эксплуатационную и иную документацию.

Примечание — Хотя PDM напрямую не относится к проектирующей системе, её важность трудно переоценить.

Действительно, поиск и согласование нужной документации и предоставление её «по требованию» значительно сокращают сроки и качество проектирования. А проектирование больших и сложных изделий без PDM становится практически невозможным.

Примечание — Системы PDM — дорогое и трудно реализуемое удовольствие.

Поскольку PDM создаёт цифровые макеты изделий, она выполняет интегрирующую функцию для множества систем автоматизации. А чтобы интегрировать множество систем, необходимо, чтобы они создавали документы в совместимых форматах. В результате пользователи систем автоматизации, хотя бы этого или нет, попадают под зависимость от одного поставщика САПР или от корпоративного объединения таких поставщиков.

Альтернативой PDM является набор стандартов ISO 10303-N, который стал разрабатываться в 1984 году, а в 1988 году вышла его первая часть. **Целью стандарта является** — предоставление механизмов, способных описывать данные о продукте на протяжении всего его жизненного цикла, независимо от какой-либо конкретной системы. Такие описания делают их пригодными как для нейтрального обмена файлами, так и в качестве основы для реализации и совместного использования баз данных продуктов и архивирования. Считается, что эти стандарты принадлежат технологии STEP.

В России, указанный набор стандартов выходит под общим обозначением как *ГОСТ Р ИСО 10303-N-год*, где N — конкретная часть стандарта.

Так стандарт первой части имеет обозначение ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ И ОБМЕН ЭТИМИ ДАННЫМИ. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы» [55]. В целом эти стандарты достаточно хорошо описаны Норенковым И.П. в его работах [38, 39]. Мы к ним вернёмся в следующем разделе.

2.3.6 Другие системы САх

Примеров систем автоматизации — достаточно много. В совокупности они условно обозначаются как *САх*.

САх (Computer-aided technologies) — использование компьютерных технологий для помощи в проектировании, анализе и производстве изделий.

В более широком смысле *САх* объединяет множество различных аспектов управления жизненным циклом изделия или *PLM* (Product lifecycle management), что включает проектирование, анализ, производство, планирование производства и другие области. Но поскольку в рамках тематики проектирования нас интересуют только конструкторские и технологические работы, то следует обратить внимание и на программное обеспечение, которое имеется практически на каждом персональном компьютере. Речь идёт об офисных системах, которые в своём составе имеют графические средства создания простейшей 2D и 3D-графики.

LibreOffice — свободно распространяемый офисный пакет с открытым исходным кодом, который разрабатывается с 2010 года под руководством некоммерческого фонда «The Document Foundation», как форк офисного пакета OpenOffice, и имеет в своём составе векторный графический редактор *LibreOffice Draw*.







Состав пакета LibreOffice, представляющий интеграцию шести довольно самостоятельных компонент (см. сайт <https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice>), показан в таблице 2.5.

Примечание — Обратите внимание, что ссылки в таблице 2.5 специально оставлены для студентов, желающих более подробно изучить компоненты пакета LibreOffice и похожие на него приложения.

Что касается тематики нашей дисциплины, то нам прежде всего интересен векторный графический редактор LibreOffice Draw, который потенциально может рассматриваться как «Электронный кульман» в простейших задачах конструкторского и технологического проектирования.

В качестве русскоязычного учебного пособия здесь можно использовать «Руководство пользователя. LibreOffice Draw 6.3» [56], а поскольку текущая версия всего пакета — 7.0.x (по состоянию на лето 2021 года), то можно обращаться непосредственно в самой системе к руководству «Справка».

Таблица 2.5 — Состав пакета LibreOffice: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice>

Модуль	Назначение	Расширение имени файла	Похожие приложения
 Writer	Текстовый процессор и визуальный редактор HTML	odt, ott	AbiWord , KWord , Microsoft Word , Pages , TextMaker
 Calc	Табличный процессор	ods, ots	Gnumeric , KCells , Microsoft Excel , Numbers , PlanMaker
 Impress	Программа подготовки презентаций	odp, otp	Keynote , KPresenter , Microsoft PowerPoint , SoftMaker Presentations
 Draw	Векторный графический редактор	odg, otg	Adobe Illustrator , CorelDRAW , Dia , Inkscape , Kivio , Microsoft Visio
 Math	Редактор формул	odf, off	KFormula , MathType , Microsoft Equation Tools
 Base	Встроенная СУБД Firebird и механизм подключения к внешним СУБД	odb, otb	Kexi , Microsoft Access

Для примера, рабочее пространство LibreOffice Draw 6.3 показано на рисунке 2.22.

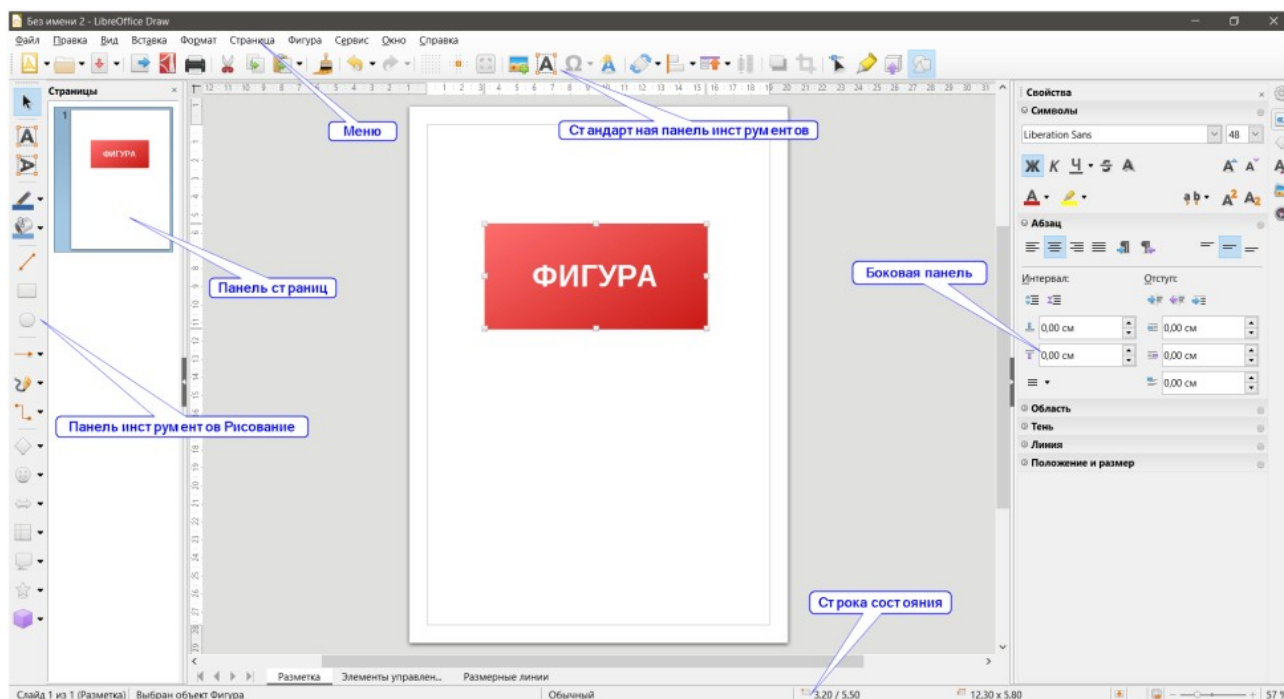


Рисунок 2.22 - Рабочее пространство LibreOffice Draw 6.3 [56]

Особый интерес к пакету LibreOffice вызван тем, что:

- а) пакет — *свободно распространяемый*, с открытым исходным кодом и допускает различные модификации в соответствии с лицензией: Mozilla Public License версии 2.0;
- б) *поддерживает шаблоны*, включая разработку собственных шаблонов;
- в) *поддерживает разработку различных расширений* с помощью макросов и библиотек на языках C++, Java и Python;
- г) *поддерживает использование объектов UNO (Universal Network Objects)*.

Безусловно изучение и использование всех этих возможностей — тематика лабораторных работ.

В целом, данным пунктом мы завершаем учебный материал второго раздела, который должен, в общих чертах, показать студентам *основные возможные направления автоматизации систем проектирования*.

Вопросы для самопроверки

1. Какие определены виды АС согласно ГОСТ 34.003-90?
2. Чем отличается АСУ от САПР?
3. Нарисуйте обобщённое представление кибернетической системы с обратной связью и объясните назначение её элементов.
4. В чем состоит отличие автоматических систем от автоматизированных систем?
5. В чем состоит отличие «Автоматизированных систем» от «Систем автоматизации»?
6. Какая серия ГОСТ предназначена для определения АСУ?
7. Какая серия ГОСТ предназначена для определения АС?
8. Какие уровни управления присутствуют в трёхуровневой модели АСУ?
9. Что такое — MESA и что она стандартизирует?
10. Перечислите стадии разработки АС.
11. Перечислите виды обеспечения АС.
12. Перечислите основные английские сокращения видов САПР и дайте им пояснения.
13. Что такое — геометрическое ядро САПР?
14. Что обозначает сокращение MCAD?
15. Какие примеры CAD вы знаете?
16. Что обозначает сокращение CAE?
17. Какие примеры «Систем компьютерной алгебры» вы знаете?
18. Чем отличаются системы САМ и САРР?
19. Для чего предназначены системы PDM?
20. Какая альтернатива существует для систем PDM?

3 ЭЛЕКТРОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИЗДЕЛИЯ

В первой теме данной дисциплины результат конструкторской и технологической деятельности рассматривался как результирующий прототип изделия, который представлялся как сумма наборов: «Набор КД», «Набор ТД» и «Набор ППД» (см. рисунки 1.1 и 1.2). Каждый элемент этих наборов представлял собой **документ** — информацию зафиксированную на материальном носителе и позволяющую эту информацию идентифицировать. Для этого документ логически разделяется на две части: *содержательную* и *реквизитную*.

Непосредственно само изделие описывается набором конструкторской документации (КД), определяющей конструкцию изделия. За основу стандартизации КД был выбран набор стандартов ЕСКД, ориентированный прежде всего на изделия машиностроения и приборостроения всех отраслей промышленности, но, в плане общих вопросов оформления документов, распространяющийся и на другие виды изделий.

Во второй теме изучаемой дисциплины, на ряде примеров систем автоматизированного проектирования (САПР), было показано, что современное производство стремится к использованию **электронных конструкторских документов** (ЭКД, ДЭ). Проекция различных САПР (CAD, CAE, CAM, PDM) на стадии жизненного цикла изделия (ЖЦИ) показана на рисунке 2.7 (*ГОСТ 23501.108-85*). В совокупности эти САПР охватывают только стадии «Проектирование», «Подготовка производства» и «Производство и реализация». В любом случае очевидна тенденция использования общего вида электронных документов, что неуклонно требует формирования **электронной концепции изделия**.

Примечание — ГОСТ 2.001-2013: «Конструкторская документация является товаром и на неё распространяются все нормативно-правовые акты, как на товарную продукцию» [7, стр. 2].

Данная тема посвящена *электронной концепции изделия*, которую мы рассмотрим в двух аспектах:

- а) **PDM и электронное описание изделия** — подраздел, посвящённый стандартам ЕСКД основные из которых представлены в таблице 3.1, раскрывающий общие требования к структуре ЭКД и электронным моделям изделий;
- б) **концепция развития CALS-технологий** — подраздел раскрывающий общую современную проблематику развития АС и САПР.

Таблица 3.1 — Стандарты ЕСКД, описывающие электронную концепцию изделия

№ п/п	ГОСТ	Источник	Название
1	2.051-2013	[9]	Электронные документы. Общие положения.
2	2.052-2021	[10]	Электронная модель изделия. Общие положения.
3	2.053-2013	[11]	Электронная структура изделия. Общие положения.
4	2.054-2013	[57]	Электронное описание изделия. Общие положения.
5	2.055-2014	[58]	Электронная спецификация. Общие положения.
6	2.056-2014	[59]	Электронная модель детали. Общие положения.
7	2.057-2014	[60]	Электронная модель сборочной единицы. Общие положения.
8	Р 2.057-2019	[61]	Электронная модель сборочной единицы. Общие положения.
9	2.058-2013	[12]	Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов.

3.1 PDM и электронное описание изделия

В современных условиях разработчик изделия получает информацию об изделии (его тактико-технических данных, о конструкции изделия, особенностях его эксплуатации, ремонта и контроля производства) из *электронной базы данных* об изделии, причём основой этой базы данных является *электронное описание изделия*. Естественно такое представление является и современной понятийной базой IT-специалистов, что требует более подробного рассмотрения указанных вопросов применительно к тематике автоматизации конструкторского и технологического проектирования.

Примечание — **Основная цель** данного подраздела — развернуть семантическое представление электронной концепции изделия в плане стандартов ЕСКД и связать эту семантику со структурными и функциональными возможностями систем PDM.

Для качественного изложения учебного материала обратимся к ряду базовых терминов и их определений.

Контекст — *идентифицированная* (именованная) *точка зрения*, созданная в рамках информационной модели и отражающая особенности решаемой задачи (ГОСТ 2.053-2013, статья 3.1.7).

Примечание — **Понятие контекста** имеет очень важное семантическое значение, определяющее границы, в которых рассматривается излагаемый учебный материал. Например, функциональная контекстная диаграмма проектной деятельности, показанная ранее на рисунке 1.1, имеет явные ограничения в виде надписей «ЦЕЛЬ» и «ТОЧКА ЗРЕНИЯ».

В рамках данного подраздела, контекст организуется соответствующей информационной моделью изделия, что выражается совокупностью элементов данных и связей между ними для группирования и представления информации, отражающей стадию проработки конструкции изделия — «исходные требования к изделию», «как спроектировано» и другими ограничениями.

Информационная модель (изделия) — *информационное описание понятий предметной области* в определённом контексте и в объёме, достаточном для решения конкретной задачи (ГОСТ 2.053-2013, статья 3.1.6).

Под *предметной областью* здесь понимается описание технического объекта, например, информационной модели, описывающей различные свойства реального изделия, интересные разработчика модели и потенциального или реального пользователя.

Электронная структура изделия (ЭСИ) — *электронный КД*, содержащий *описание изделия* (сборочной единицы, комплекта или комплекса), *иерархические отношения* между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. ЭСИ выполняется только как электронный КД, *предназначенный для использования в вычислительной среде* (ГОСТ 2.053-2013, статья 4.1). В контексте этого определения, ЭСИ не имеет бумажной формы, а содержательная часть её выполняется *в виде файла*.

Информационная единица (ИЕ) — *файл или набор взаимосвязанных файлов*, рассматриваемый как единое целое (ГОСТ 2.051-2013, статья 3.1.6).

Информационный объект (ИО) — *идентифицированная* (именованная) *совокупность данных в информационной системе*, обладающая набором атрибутов (характеристик) и предполагающая определённый метод обработки (ГОСТ 2.053-2013, статья 3.1.4). В контексте информационных объектов, используемых для представления ЭСИ машиностроения и приборостроения в электронной среде, *присутствуют только данные*, а *методы*, определяющие способ обработки данных, *отсутствуют и устанавливаются разработчиком применяемой автоматизированной системы* (АС).

База электронных конструкторских данных — база данных, содержащая данные в виде совокупности информационных объектов (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.10).

Набор электронных конструкторских данных — информационный объект в базе конструкторских данных, связанный отношениями «включено в...» с другими информационными объектами, отобранными с какой-либо целью или по какому-либо признаку или совокупности признаков (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.11).

Характеристика — информационный объект (ИО), описывающий свойство изделия с помощью атрибутов, таких как: «Вид свойства», «Единица измерения», «Значение свойства» (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.15).

3.1.1 Базовая структура PDM

В пункте 2.3.5 предыдущего раздела была рассмотрена система автоматизации (СА) PDM (Product Data Management), назначение которой интеграция САх: CAD, CAE и CAM. В таком «узком контексте» PDM рассматривается как **система управления информацией** о продуктах (изделиях) или *PIM-система*.

PIM-система (Product information management system) — система для централизованного управления большими массивами данных об изделиях, цель которой обеспечение разработчиков изделия информационными объектами (ИО), сохранение новых разработанных ИО и предоставления коммуникации ИО между различными базами данных.

Более «широкий контекст» PDM будет рассмотрен в следующем подразделе, а здесь мы будем считать, CAD/CAE/CAM и PDM (PIM) представляют двухзвенную распределенную систему, показанную на рисунке 3.1.

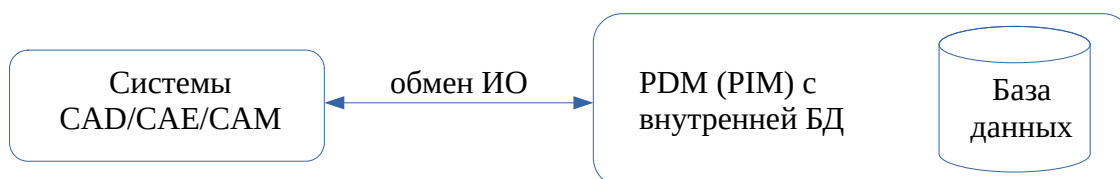


Рисунок 3.1 — Двухзвенная распределенная система CAD/CAE/CAM и PDM (PIM)

Применительно к такой интеграции САх и PDM применимы следующие термины и определения.

Электронные конструкторские данные — совокупность данных, относящихся к конструкции изделия и его составным частям (СЧ) (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.17).

Электронная структура изделия в PDM-системе — информационный набор (совокупность ИО) в PDM-системе, описывающий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и иерархические отношения (связи) между его составными частями и содержащий другие данные в зависимости от его назначения (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.18).

Примечание — Важно отметить, что **Электронная структура изделия в PDM-системе не является электронным КД**. Она является способом представления данных в программно-технической среде, поскольку это — информационный объект (ИО), состоящий из других информационных объектов (ИО), которые представлены в PDM-системе иерархически связанными **отношениями принадлежности** «состоит из» или **отношениями входимости** «входит в» и отображающих изделие и его составные части (СЧ).

Идентификационные данные об изделии — информационный объект (ИО), содержащий наименование и обозначение изделия и другие данные, присвоенные заказчиком или кем-то другим в маркетинговых целях (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.19).

Электронная модель изделия — обобщающее название математического описания свойств физического изделия, реализованное в программно-технической среде при помощи соответствующих программных средств (ГОСТ 2.054-2013, статья 3.1.20). Она может быть в

виде электронного КД: электронной модели *детали, сборочной единицы, комплекса* или *комплекта*.

3.1.2 Электронное описание изделия по ГОСТ 2.054-2013

Сам процесс проектной деятельности разбивается на стадии и этапы.

На каждом этапе, с помощью систем CAD/CAE/CAM, создаются и модифицируются информационные объекты (ИО), которые извлекаются и поступают в систему PDM (PIM).

Система PDM, на основе ИО, формирует *базу электронных конструкторских данных* и *множество информационных единиц* (ИЕ, файлов), таким образом, интегрируя всю информацию о прототипе изделия.

Стандарт ГОСТ 2.054-2013 формализует весь указанный информационный набор прототипов под понятием «Электронное описание изделия» (ЭОИ), устанавливая общие положения выполнения и применения этого электронного описания для изделий машиностроения и приборостроения.

ЭОИ (Электронное описание изделия) — *логически полная совокупность информационных объектов (ИО), содержащих всю необходимую информацию, описывающую конструкцию изделия и свойства (характеристики) изделия или его составных частей (СЧ) на конкретной стадии разработки.*

Прежде всего концепция ЭОИ расширяет информационное представление о прототипе изделия. Так *классическая система* организации процессов проектирования предполагает использование только конструкторской документации (КД), технологической документации (ТД) и документации технологической подготовки производства (ППД), которые рассматриваются:

- а) *как формы представления результатов работы* — содержательная часть документов;
- б) *как набор признаков, указывающих на состояние работы или подтверждающих результат её выполнения* в виде виз, подписей и другой служебной информации — реквизитная часть документов.

Новая *интегрированная система* организации процессов проектирования на основе ЭОИ вводит новые виды информационных «сущностей», не имеющих аналогов в бумажной документации. К ним относятся различные *виды электронных структур изделий (ЭСИ), наборы электронных КД (НЭКД), наборы нормативно-справочных данных, структуры ЭСИ-PDM* и другие виды «сущностей».

Основой реализации ЭОИ является *БД изделия*, которая управляется PIM-системой и без неё не может быть реализована. Это определяет главенствующую роль систем PDM, одной из подсистем которой является PIM-система.

ЭОИ является *первоисточником* (эталонном) *информации об изделии*. На основе её могут и должны формироваться различные электронные КД и другие электронные документы, хотя **основное назначение** — *обмен информационными объектами (ИО) между различными системами автоматизации (СА).*

Примечание — ЭОИ рассматривается как *основа информационной поддержки ЖЦИ.*

В этом плане, ЭОИ, согласно ГОСТ 2.054-2013, должно обеспечивать:

- а) *на начальных стадиях ЖЦИ* — компьютерное представление результатов проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

- б) **на стадиях разработки** — представление *формализованного описания конструкции изделия* в форме НЭКД или ЭКД (согласно требованиям ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.118, ГОСТ 2.119, ГОСТ 2.120);
- в) **на стадии ТПП** и самого производства (изготовления) — *проектирование (разработка) технологических процессов* с использованием прикладных систем, причём исходную информацию об изделии следует использовать в виде электронных макетов и чертежей, а также создание систем программного управления станками;
- г) **на этапах организации и управления производством** — *прямое считывание данных* из ЭОИ информационной средой подготовки производства (в виде наборов технологических данных, и, при необходимости, самих электронных моделей и чертежей);
- д) **на стадии сертификации** — *представление доказательной документации и данных*, связанных с описанием конструкции изделия или его составных частей (СЧ);
- е) **на этапе эксплуатации** — *прямой доступ к описанию конструкции изделия*, включая характеристики его составных частей (СЧ), для организации материально-технического обеспечения, гарантийного и послегарантийного обслуживания, а также ремонта;
- ж) **на стадиях ремонта и утилизации изделий** — *актуальные данные* связанные (ассоциированные) с конструктивными элементами изделия или изделием в целом.

Примечание — В информационной основе ЭОИ лежит *набор интегрированных информационных моделей*. Это требует чтобы каждый объект *относился к определённому типу информации*, представляемому соответствующим информационным объектом (ИО) или совокупностью соответствующих ИО.

- Среди таких **типов интегрированных ИО**, ГОСТ 2.054-2013 выделяет:
- а) **атрибутивные данные** — *данные, характеризующие и описывающие элементы ЭОИ*; например, для разработанной на данном предприятии детали атрибутивными данными будут: подразделение и данные разработчика, материал, масса, набор и значения контролируемых параметров; для стандартных изделий: обозначение нормативного документа, типоразмер; для покупных изделий, например: обозначение изделия, наименование поставщика, номенклатура поставщика, список альтернатив;
 - б) **данные о конфигурации** — *данные, позволяющие определить и идентифицировать функциональные, проектные и физические характеристики* как для изделия в целом, так и для его составных частей (СЧ);
 - в) **данные о требованиях** — *данные, содержащие исходные требования*, как правило, заказчика, технических регламентов и других нормативных документов, к изделию или его составным частям (СЧ);
 - г) **конструкторские документы** — *комплект КД на изделие и его составные части (СЧ)* в соответствии с ГОСТ 2.102: проектную и рабочую КД, включая эксплуатационную и ремонтную документацию, связанная как с изделием в целом, так и с отдельными деталями, сборочными единицами, комплексами или комплектами;
 - д) **конструкторские данные** — *проектные и рабочие данные*, на основе которых разработана КД на изделие и его составные части (СЧ);
 - е) **расчётные данные** — *данные, содержащие результаты инженерных расчётов*;

- ж) **технологические данные** — данные, содержащие необходимые указания для производства, например, используемые инструменты, материалы, технологии, средства контроля и так далее;
- з) **производственные данные** — данные по организации производства, например, проектирование (разработка) и изготовление средств технологического оснащения, технологические процессы, библиотеки технологии операций и переходов, программы для станков с программным управлением, результаты моделирования программными средствами;
- и) **доказательные (сертификационные) данные** — наборы данных и/или документы, подтверждающие полученные в процессе испытаний или сертификации характеристики изделия или его составных частей (СЧ);
- к) **прочие документы** — другие документы, связанные с изделием, например, директивные документы, изменяющие стадии разработки КД и других элементов ЭОИ, распорядительные документы на проведение изменений в соответствии ГОСТ 2.503 и ГОСТ 2.603, и подобные.

3.1.3 Электронная структура изделия по ГОСТ 2.053-2013

Электронная структура изделия (ЭСИ) — важнейшее прикладное понятие, входящее в концепцию электронного описания изделия (ЭОИ), определение которого приведено в начале данного подраздела. Для нас важными аспектами ЭСИ являются следующие положения:

- а) ЭСИ — *электронный конструкторский документ (ЭКД)*, отражающий иерархические отношения между его составными частями;
- б) ЭСИ *не имеет бумажной формы выполнения*, а содержательная часть этого ЭКД выполняется в виде файла;
- в) ЭСИ, отражающаяся в PDM-системе, **является ИО**, но **не является КД**.

Примечание — ЭСИ предназначена для организации информационного взаимодействия между автоматизированными системами (АС).

Действительно, **содержательную часть ЭСИ** рекомендуется выполнять **в форме обменного файла**, в соответствии с требованиями международных стандартов и спецификациями. В качестве примера указываются стандарты ИСО 10303-21 «Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена» [62] и ИСО 10303-28 «Методы реализации: XML-представления схемы и данных EXPRESS» [63]. В таких формах, содержательная часть ЭСИ, в виде файлов, обеспечивает взаимное преобразование информационных объектов (ИО) с помощью соответствующих программных средств.

Примечание — **В зависимости от стадии ЖЦИ** и конкретных контекстов *электронного описания изделия (ЭОИ)* могут разрабатываться и применяться **различные электронные структуры изделия (ЭСИ)**.

В целом различают шесть видов разновидностей ЭСИ: *функциональную, конструктивную, производственно-технологическую, физическую, эксплуатационную и совмещённую*.

Функциональная ЭСИ — определение назначения изделия и его составных частей (СЧ), а также предъявляемых к ним функциональных требований. Выполняется на стадии

разработки технического предложения на изделие и уточняется на стадии технического проекта.

Конструктивная ЭСИ — *основной КД*, отображающий конкретные технические решения, определяющие конструкцию *комплексов, сборочных единиц и комплектов*. Выполняется на стадиях разработки эскизного проекта, технического проекта и рабочей КД.

Производственно-технологическая ЭСИ — *отображение особенностей технологии изготовления* и (преимущественно) *сборки изделия*. Выполняют на стадиях технологической подготовки производства и в процессе производства изделия.

Физическая ЭСИ — *отображение информации о конкретном экземпляре изделия*. Выполняется на стадии производства изделия и корректируется в течение всего срока эксплуатации, например, отражая изменения в комплектности данного экземпляра изделия.

Эксплуатационная ЭСИ — *группирование и отображение информации о тех составных частях (СЧ) изделия, которые подлежат обслуживанию или замене в ходе использования изделия по назначению*. Выполняется на стадиях разработки эскизного проекта, технического проекта и рабочей КД.

Совмещённая ЭСИ — *группирование и отображение комплексной информации об изделии*, включающее в себя отдельные разновидности ЭСИ, например, конструктивную ЭСИ и эксплуатационную ЭСИ.

Примечание — **Состав изделия** представляют *полным списком всех составных частей (СЧ)*, входящих в структуру изделия на всех уровнях её иерархии (ГОСТ 2.053-2013, статья 5.6.1).

Состав изделия, в виде полного списка всех составных частей, используется PDM для разных целей.

Внешние системы САПР обычно используют *состав изделия* для поиска, извлечения или создания новых информационных объектов, например:

- а) для создания *электронной документации*;
- б) визуализации структуры изделия *многоуровневым списком* (см. рисунок 3.2);
- в) визуализации структуры изделия *ациклическим графом* (см. рисунок 3.3).

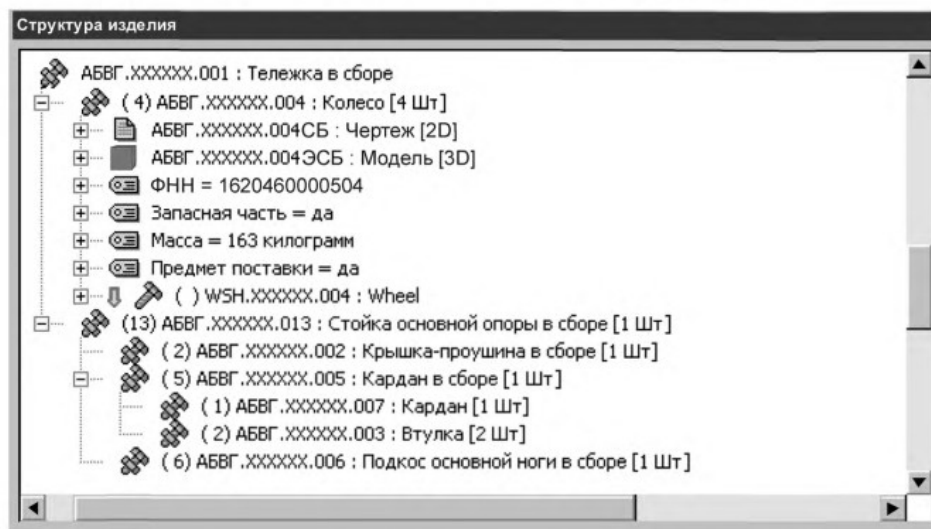


Рисунок 3.2 — Визуализация структуры изделия в виде многоуровневого списка [11]

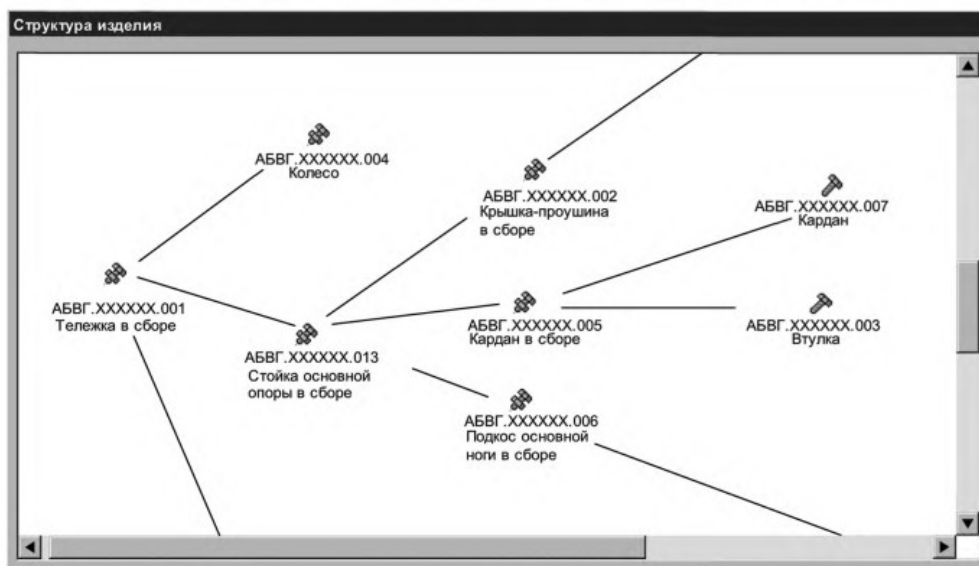


Рисунок 3.3 — Визуализация структуры изделия в виде ациклического графа [11]

3.1.4 Электронная модель изделия по ГОСТ 2.052-2021

Рассмотренные в предыдущих пунктах ГОСТы, дают стандартизированное представление об *электронном описании изделия* (ЭОИ) и *электронной структуре изделия* (ЭСИ). Оба указанных понятия входят в *более общую парадигму* — «Электронной концепции изделия» и опираются на третье стандартизированное понятие — «Электронная модель изделия».

Примечание — Стандарт устанавливает общие требования к выполнению электронных моделей изделий машиностроения и приборостроения (далее — *электронные геометрические модели изделий*) [10].

ГОСТ 2052-2021 посвящён стандартизации состава *электронной геометрической модели изделия* (ЭГМИ), что демонстрируется рисунком 3.4.

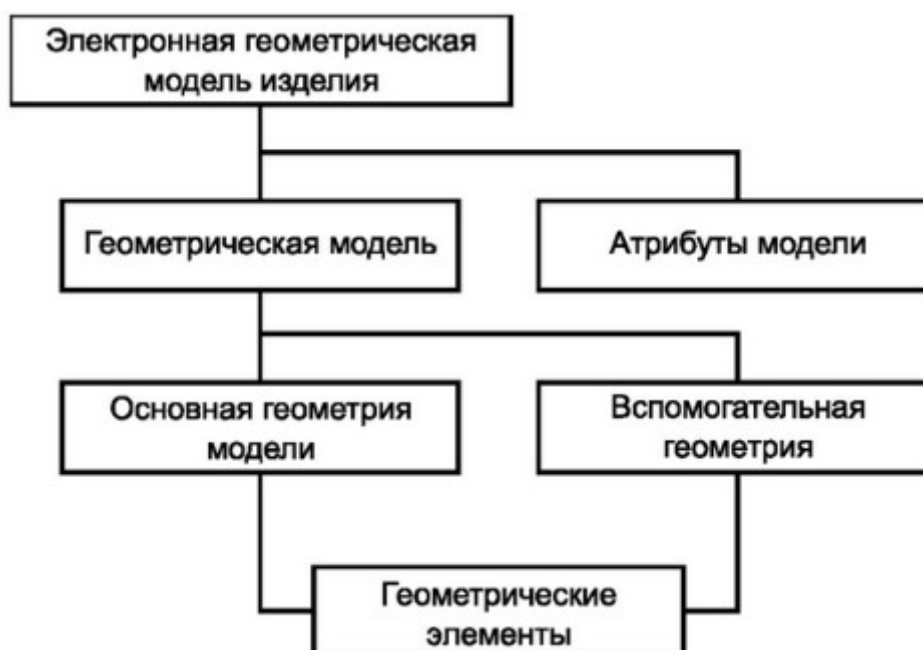


Рисунок 3.4 — Схема состава электронной геометрической модели изделия [10]

Геометрический элемент — идентифицированный (именованный) геометрический объект, которым могут быть: точка, линия, плоскость, поверхность, геометрическая фигура, геометрическое тело, осевая линия, опорные точки сплайна, направляющие и образующие линии поверхности и другие.

Основная геометрия модели — совокупность геометрических элементов, которые непосредственно определяют форму моделируемого изделия.

Вспомогательная геометрия модели — совокупность геометрических элементов, которые не являются элементами моделируемого изделия, например, геометрические элементы, которые используются в процессе создания (построения) геометрической модели.

Геометрическая модель — совокупность основной и вспомогательной геометрии модели, объединяющая все его геометрические элементы.

Атрибут модели (геометрической модели) — дополнительная текстовая информация, связанная с геометрическим элементом модели или моделью в целом, которая может быть представлена числовым значением или строками текста.

Модель изделия — сущность, воспроизводящая свойства реального изделия, с целью его изучения или изготовления.

Электронная модель изделия — отображение в компьютерной среде, с использованием соответствующих программных и технических средств, модели изделия, в которой содержатся сведения о свойствах, необходимых для изготовления, контроля приёмки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия.

Электронная геометрическая модель изделия (ЭГМИ) — электронная модель изделия, содержащая необходимые сведения о геометрической форме, размерах и свойствах изделия, зависящих от его формы и размеров.

ЭГМИ, естественным образом, охватывает электронные модели деталей (ЭМД) и электронные модели сборочных единиц (ЭМСЕ).

Классификация типов геометрических моделей, определённая настоящим стандартом, представлена на рисунке 3.5.

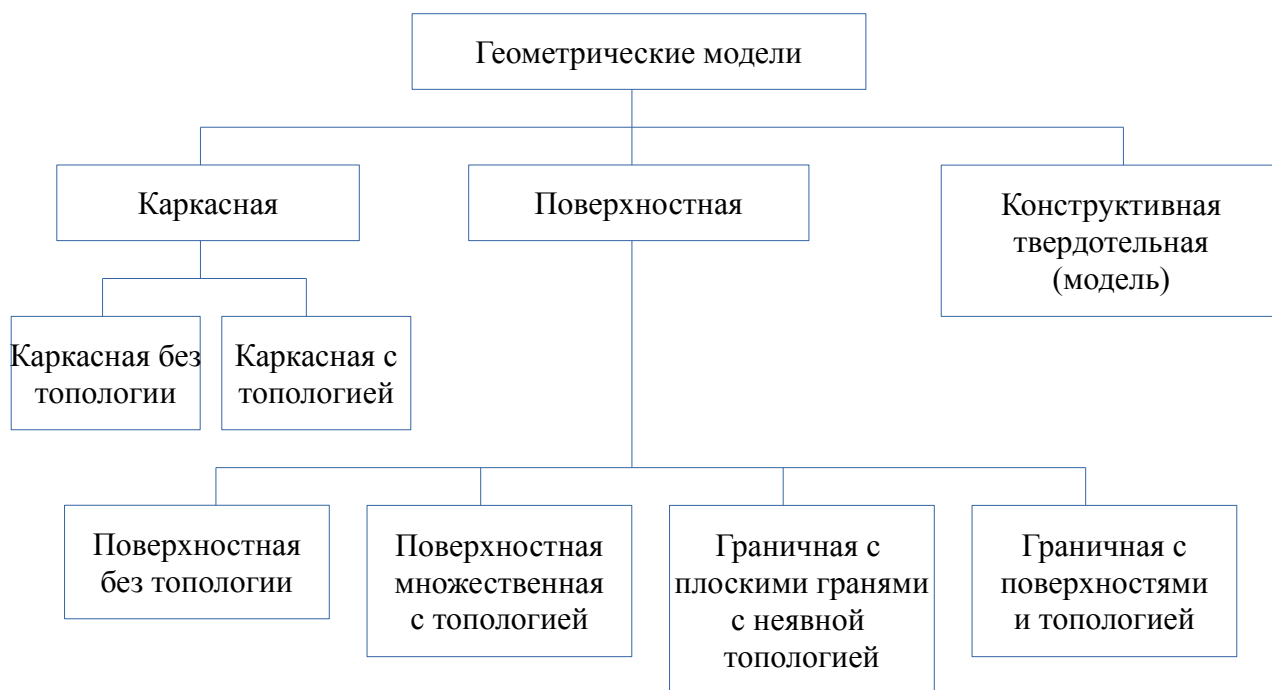


Рисунок 3.5 — Классификация типов геометрических моделей [10]

Каркасная геометрическая модель — трёхмерная геометрическая модель, представленная совокупностью точек, отрезков и кривых, определяющих форму изделия.

Поверхностная геометрическая модель — трёхмерная геометрическая модель изделия, представленная множеством ограниченных поверхностей, определяющих форму изделия в пространстве.

Конструктивная твердотельная геометрическая модель - трёхмерная геометрическая модель, представляющая форму изделия как результат композиции множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим геометрическим элементам.

Наличие топологии — наличие свойства модели обеспечивать *непрерывное преобразование* формы изделий.

В терминологических понятиях второго раздела, приведённая **классификация типов геометрических моделей**, определяет *функциональное содержание геометрического ядра САПР* (CAD Geometric Kernel). Таким образом, сами системы САПР и используемые электронные геометрические модели изделий, отображаемые в базах данных под управлением PDM, *должны быть согласованы в рамках электронного описания изделий* (ЭОИ).

Естественно, электронные геометрические модели изделий (ЭГМИ) должны иметь возможность быть представлены в виде электронных конструкторских документов (ЭКД). Для этих целей введены следующие два определения.

Документированная электронная модель детали — *электронный документ*, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к её изготовлению и контролю, оформленный по ГОСТ 2.051—2013 [9]. В зависимости от стадии разработки он включает в себя предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и другие характеристики (ГОСТ 2.052-2021, статья 3.1.13).

Документированная электронная модель сборочной единицы — *электронный документ*, содержащий электронную геометрическую модель сборочной единицы, соответствующие электронные геометрические модели составных частей, свойства, характеристики и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля, и оформленный по ГОСТ 2.051—2013 (ГОСТ 2.052-2021, статья 3.1.14).

Примечание — **Основная современная проблема** широкого использования электронных геометрических моделей изделий (ЭГМИ) — уникальное и во многом не совместимое представление этой геометрии в геометрических ядрах САПР.

В целом, в данном подразделе мы полностью раскрыли *базовые понятия концепции электронного описания изделия* (ЭОИ). Многие детали, которые здесь не были рассмотрены, содержатся в других, достаточно регулярно обновляющихся, стандартах ЕСКД. Это в свою очередь наводит на мысль, что стандарты ЕСТД и ЕСТПП становятся ненужными и их не следует изучать. Такой вывод является ошибочным, поскольку он не учитывает сам факт развития систем автоматизации (СА), имеющих тенденцию к интеграции, которая опирается прежде всего на ЕСКД, как формальный описатель требований для других форм проектной деятельности.

Ряд современных проблем использования САПР рассмотрим в следующем подразделе.

3.2 Стандартизация STEP и развитие CALS-технологий

В предыдущем подразделе *электронная концепция изделия* была рассмотрена в рамках её стандартизации набором ГОСТ, входящих в пакет стандартов ЕСКД. Основной набор этих стандартов, представленный таблицей 3.1, показывает, что они обновляются в соответствии с современными концепциями развития систем САХ и PDM. Например, ГОСТ 2.052-2021 «Электронная модель изделия. Общие положения» обновил ГОСТ 2.052—2015. Это связано с тем, что *современные системы проектирования становятся все более интегрированными*, а электронная конструкторская документация (ЕСКД) является исходными информационными объектами (ИО), используемыми на последующих стадиях и этапах проектирования.

С ростом сложности проектируемых изделий повышаются и функциональные требования к системам САПР, которые в свою очередь становятся все более сложными и дорогими. Стремительно растёт и объем создаваемой, передаваемой и хранимой информации. Эти тенденции требуют и повышение уровня интеграции систем автоматизации (СА), что уже выходит за уровни компетенций стандартов ЕСКД.

Действительно, **рассмотренную часть электронной концепции изделия** можно представить рисунком 3.6.

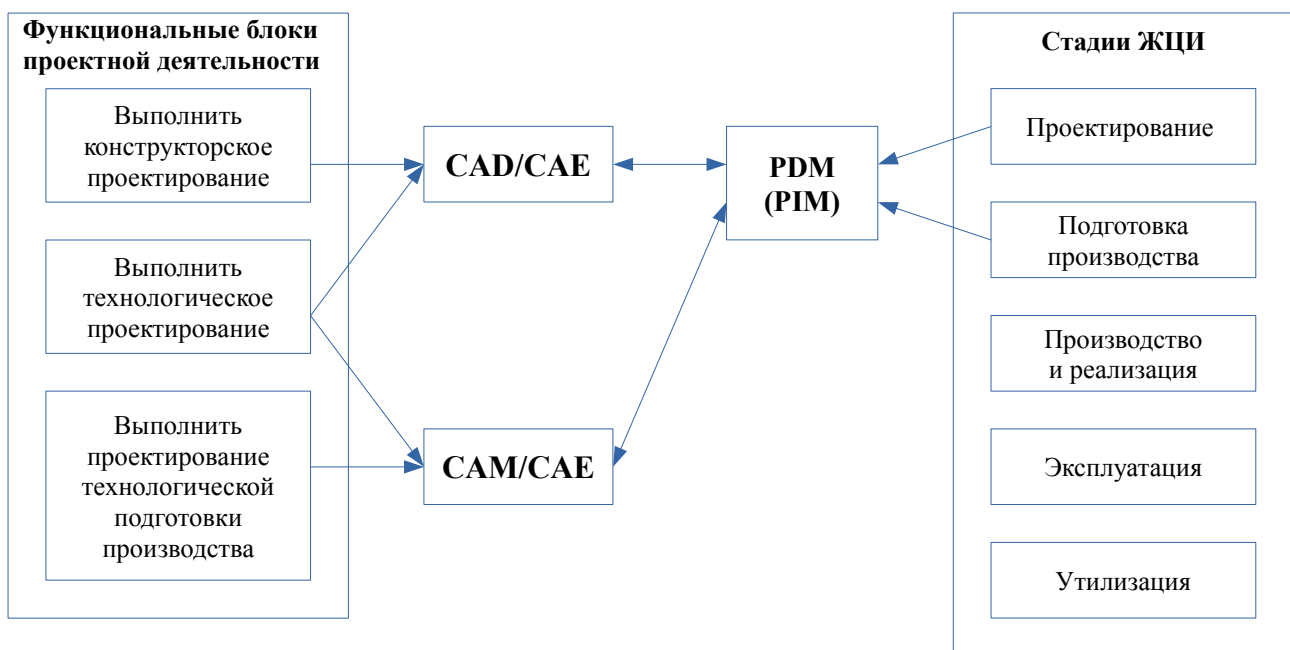


Рисунок 3.6 — Рассмотренные отображения электронного описания изделия (ЭОИ)

Учебная цель настоящего подраздела — *рассмотреть современные тенденции развития систем проектирования.*

Примечание — Как уже было отмечено ранее (см. пункт 2.3.2), все известные к настоящему моменту CAD имеют некоторое геометрическое ядро (CAD Geometric Kernel). Проблема состоит в том, что *визуальные представления изделий*, созданные на различных геометрических ядрах, *являются несовместимыми.*

Для решения указанной проблемы, *в конце 1970-х годов*, возникла идея о том, что *необходима определённая стандартизация в области обмена данными между различными САПР.* Эта идея получила неофициальное общее сокращённое название *STEP.*

STEP (STandard for Exchange of Product model data) — стандарт обмена моделью данных (изделия).

Следующая идея состояла в том, чтобы *автоматизировать все стадии жизненного цикла изделия (ЖЦИ)*, создавая системы автоматизации — *PLM-системы*.

PLM-система (Product Lifecycle Management) — это прикладное программное обеспечение для управления жизненным циклом изделия (ЖЦИ).

Эти две идеи породили технологическое направление научных и прикладных исследований, получивших название *CALS-технологии*.

CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support) — *непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий*. В России используется сокращённое обозначение **ИПИ** — *информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий*.

В 1985 году Министерство обороны США объявило планы создания глобальной автоматизированной системы электронного описания всех этапов проектирования, производства и эксплуатации продуктов военного назначения. Для реализации этих планов был создан управляющий совет **NATO CALS Management Board**, который стал курировать разработку группы стандартов под общим обозначением ISO 10303.

В России для этих целей Росстандарт создал Технический комитет ТК459 под названием «Информационная поддержка жизненного цикла изделий», который разработал ряд стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303, являющихся, в основном, аутентичными переводами соответствующих международных стандартов (STEP, ISO 10303). Большую работу в этом направлении проводит Научно-исследовательский центр (НИЦ) «Прикладная логистика» [64, 65]. Рассмотрим указанную тематику в трёх аспектах:

- а) PDM и CALS-технологии;
- б) стандарты ISO 10303;
- в) PDM STEP Suite — программный продукт НИЦ «Прикладная логистика».

3.2.1 PDM и CALS-технологии

Изучая вопрос об изменении модели PDM в плане использования CALS-технологии, мы будем предполагать, что в качестве изделий могут рассматриваться различные **сложные технические объекты**: *корабли и автомобили, самолёты и ракеты, компьютерные сети* и другая подобная по сложности и масштабу продукция. Такая ситуация качественно меняет требования ко всем системам автоматизации (СА) и прежде всего к системам PDM.

PDM-система (Product Data Management) — *система управления данными об изделии*, которая является организационно-технической системой, обеспечивающей управление всей информацией об изделии.

В новых условиях PDM-системы должны **обобщать технологии**, которые не ограничиваются только рамками стандартов ЕСКД:

- а) управление **инженерными данными** (Engineering Data Management, EDM);
- б) управление **документами**;
- в) управление **информацией об изделии** (Product Information Management, PIM), которую мы уже рассмотрели в предыдущем подразделе;
- г) управление **техническими данными** (Technical Data Management, TDM);
- д) управление **технической информацией** (Technical Information Management, TIM);
- е) управление **изображениями и манипулирование информацией**, всесторонне определяющей конкретное изделие.

Не вдаваясь в детали описания указанных выше технологий, отметим, что **базовые функциональные возможности** PDM-систем теперь должны охватывать следующие основные направления:

- а) управление хранением данных и документами;
- б) управление потоками работ и процессами;
- в) управление структурой продукта;
- г) автоматизация генерации выборок и отчетов;
- д) механизмы авторизации.

В плане реализации, указанные базовые функциональные возможности PDM должны обеспечиваться соответствующей общей базой данных об изделии (см. рисунок 3.7).

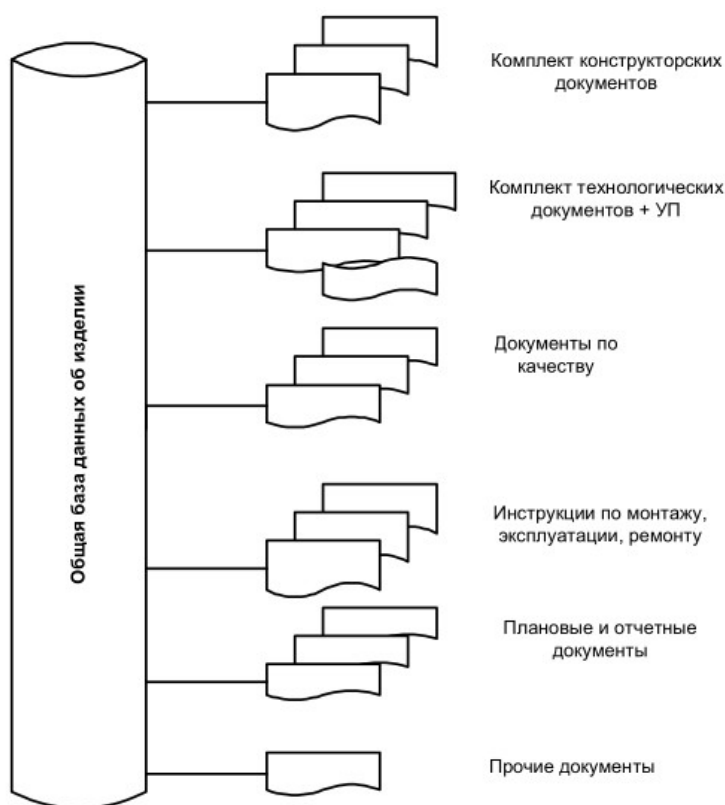


Рисунок 3.7 — Перечень составляющих общей базы данных об изделии [64]

Поскольку современный подход к автоматизации предполагает охват всех пяти стадий *жизненного цикла изделий (ЖЦИ)*, показанных на рисунке 3.6, то должна быть сформирована *база данных о технологической среде создания изделия*, включающая информацию об используемом оборудовании, персонале и прочих соответствующих документах, что показано на рисунке 3.8.

Таким образом PDM-система, являясь компонентой PLM-системы, должна управлять данными некоторой *интегрированной информационной системы (ИИС)*, что предъявляет повышенные требования к структурной совместимости всех информационных объектов (ИО), которые обслуживает PDM-система.

Примечание — **Будущее развитие САХ и PDM-систем** — использование *CALS-технологий*.

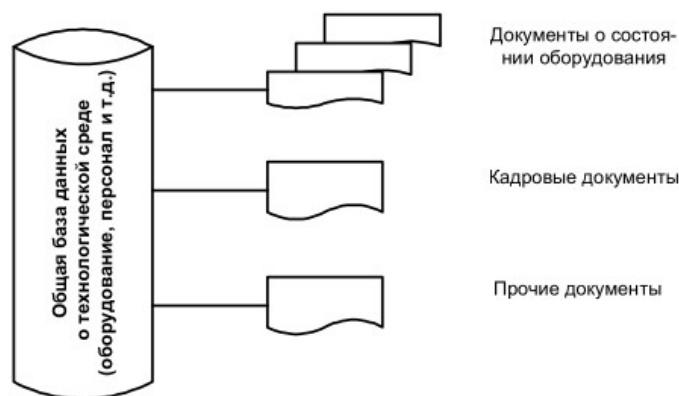


Рисунок 3.8 — Содержимое базы данных о технологической среде создания изделия [64]

Даже беглый взгляд на рисунки 3.7 и 3.8 наводит на мысль, что если на отдельное изделие можно сформировать отдельную базу данных, то общая база данных о технологической среде должна формироваться для всех изделий, поскольку она формируется для оборудования и персонала отдельного предприятия или корпорации.

Сложно однозначно определить динамику развития указанных хранилищ информации, но очевидно, что *описание их содержимого должно проводиться на едином языке*, который был бы достаточно абстрактным, чтобы отображать все многообразие возможных вариантов таких описаний.

Существенной проблемой реализации подобной идеи является наличие множества частных и достаточно успешно реализованных решений *систем автоматизации (СА)*.

Для решения этой проблемы предложены, реализуются и стандартизируются *CALS-технологии*. Центральное место в этой технологии занимает пакет стандартов ISO 10303 под общим названием STEP (STandard for Exchange of Product model data).

3.2.2 Стандарты ISO 10303

Основу электронной концепции изделия составляют:

- а) **ЭОИ** — *электронное описание изделия* по ГОСТ 2.054-2013, как **логически полная совокупность** информационных объектов (ИО), отражённых посредством PDM в базе данных изделия, привязанных к **стадиям разработки** изделия и содержащих всю необходимую информацию, описывающую конструкцию изделия и свойства (характеристики) изделия;
- б) **ЭСИ** — *электронная структура изделия* по ГОСТ 2.053-2013, как электронный конструкторский документ (ЭКД), отражённый в PDM-системе, выполненный в форме обменного файла и содержащий **описание изделия** (сборочной единицы, комплекта или комплекса), **иерархические отношения** между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения.

Примечание — Расширение функциональных возможностей PDM, с обслуживанием стадий «Проектирование» и «Подготовка производства» ЖЦИ на стадии «Производство и реализация», «Эксплуатация» и «Утилизация», *требует стандартизации обмена моделями данных изделия*.

Для решения проблемы обмена моделями данных изделия между множеством систем автоматизации (СА) стал создаваться набор стандартов под общим названием STEP (STandard for Exchange of Product model data):

- а) **задача STEP** — *стандартизировать описания ЭОИ и ЭСИ без привязки к описаниям конкретных моделей изделий, реализованных в CAD/CAE/CAM и PDM-системах;*
- б) **средства стандартизации** — *введение языка **Express**, инвариантного (без привязки) к приложениям;*
- в) **реализация средств стандартизации** — *многотомный набор международных стандартов **ISO 10303-N**, где **N** — номер тома стандарта.*

Примечание — Достаточно подробное описание стандартов, посвящённых CALS-технологиям, можно найти в работах Норенкова И.П. [38, 39].

Мы рассмотрим краткое перечисление стандартов ISO 10303-N, опираясь на материал источника [39, раздел 6], озаглавленный «Информационная поддержка жизненного цикла изделий — CALS-технологии».

Первый том ISO 10303-1 [55] — *вводный стандарт* «Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы», описывающий структуру всей совокупности томов и основные принципы STEP. В частности приведена классификация остальных томов по следующим группам:

- а) **тома 11... 19** — *методы описания языка **Express** и его диалектов: **Express-C**, **Express-G**, **Express-I**, **Express-X**, **Express-M**, **Express-P**, **Express-V**;*
- б) **тома 21...29** — *методы реализации, которые служат для межпрограммного информационного обмена между прикладными системами в STEP-среде; предусмотрены межпрограммные связи с помощью обменного файла и доступа к БД;*
- в) **тома 31...39** — *основы тестирования моделей;*
- г) **тома 41...50** — *интегрированные основные ресурсы, описывающие свойства материалов изделий, способы визуализации, представления допусков, геометрических форм изделий и подобное;*
- д) **тома 101...108** — *интегрированные прикладные ресурсы, описывающие геометрические аспекты модели изделия;*
- е) **тома 201...422** — *прикладные протоколы для связи прикладных систем со STEP-средой;*
- ж) **тома 301...336** — *абстрактные тестовые наборы для определения соответствия моделей требованиям стандартов STEP, включая организацию тестирования (аккредитацию, сертификацию, взаимоотношения между контроллерами и клиентами), устанавливаются структура и порядок использования тестовых последовательностей, описываются методы тестирования, требования к контроллерам и клиентам;*
- з) **тома 501...520** — *прикладные компоненты, содержащие геометрические модели и часто используемые элементы чертежей.*

Примечание — Взаимодействие Express-приложений осуществляется двумя способами: *через обменный файл или через SDAI-интерфейс.*

На рисунке 3.9 показано взаимодействие Express-приложений через обменный файл.

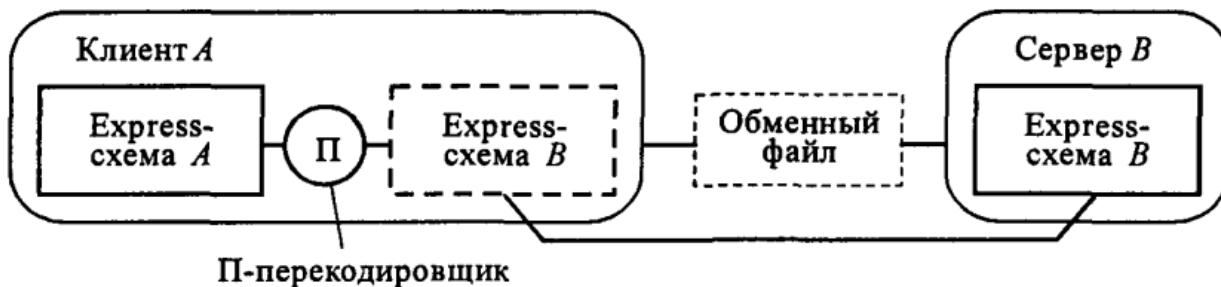


Рисунок 3.9 — Взаимодействие Express-приложений через обменный файл [39]

Здесь обменный файл используется при связи двух систем **A** (клиент) и **B** (сервер), которые имеют общие данные с различными обозначениями (*Express-схемами*). Чтобы осуществлять обмен моделями изделия, необходимо написать перекодировщик, например, на языке Express-X, с помощью которого отождествляются идентификаторы одних и тех же сущностей, имевших разные обозначения в Express-схемах **A** и **B**.

На рисунке 3.10 показано взаимодействие Express-приложений *через базу данных SDAI* различных Express-приложений и интегрированных ресурсов.

SDAI (Standard Data Access Interface) — *программный стандартный интерфейс к источникам данных (репозиториям) прикладных систем*, например, к библиотекам моделей CAD/CAM-систем. Он занимается переводом моделей изделий в STEP-файлы, которые используются в STEP-средах для организации обменов между приложениями через общую базу данных STEP.



Рисунок 3.10 — Взаимодействие Express-приложений через базу данных SDAI [39]

Более подробное изучение стандартов ISO 10303 требует изучения языка Express и различных его расширений, *что выходит за тематические рамки данного раздела*. Здесь мы отметим только два момента:

- а) не все части (тома) стандартов ISO 10303 доступны для свободного изучения;

- б) Росстандарт России переводит и печатает некоторые важные стандарты ISO как стандарты ГОСТ Р ИСО 10303-N, где N — номер соответствующей части стандарта ISO 10303-N.

3.3.3 PDM STEP Suite (PSS)

В качестве примера современной отечественной системы автоматизации (СА) укажем на PDM STEP Suite версии 5.0, которая разработана АО НИЦ «Прикладная логистика».

Как указано на сайте <http://cals.ru/about>, НИЦ «Прикладная Логистика» — ведёт свою историю с 1998 года и сегодня является признанным лидером отечественного рынка разработки и внедрения научно-методических, нормативных и программно-технических решений в области управления жизненным циклом (ЖЦ) наукоемкой продукции, её интегрированной логистической поддержки и послепродажного обслуживания».

Инструкция по установке PDM STEP Suite версии 5.0 содержится в источнике [66] на сайте http://cals.ru/sites/default/files/downloads/docs/pss/01_PSS_ID_setup.pdf, а техническое описание [67] — http://cals.ru/sites/default/files/downloads/docs/pss/00_PSS_TechDiscript.pdf.

Мы не будем подробно рассматривать все аспекты использования этой системы, а отметим лишь следующие моменты:

- PSS обслуживает все стадии жизненного цикла изделий (ЖЦИ);
- имеет трёхзвенную архитектуру, показанную на рисунке 3.11;
- устанавливается согласно требованиям представлены в таблице 3.2.

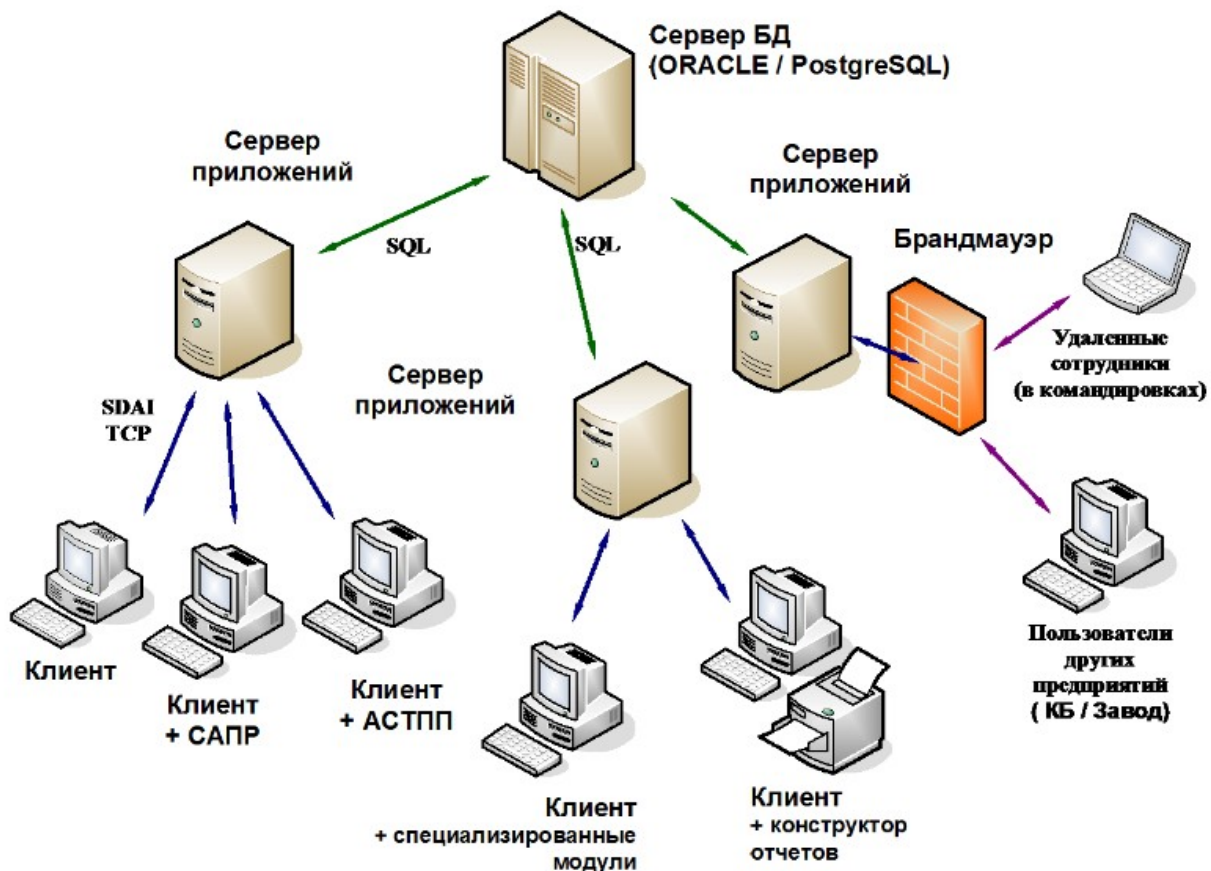


Рисунок 3.11 — Трёхзвенная архитектура PDM STEP Suite [67]

Таблица 3.2 — Требования к PDM STEP Suite версии 5.0 [67]

Уровень	Требования
Сервер БД	Минимальные: Windows 2000, Oracle 8.1.7 Server. Pentium III 800 МГц, RAM 512 МБ, NetCard 100 Мбит.
Промежуточный сервер (сервер приложений)	Минимальные: Windows 2000, Oracle 8.1.7 Client. Pentium 200 МГц, RAM 128 МБ, 100 МБ на HD, NetCard 100 Мбит.
	Рекомендованные: Windows 2000, Oracle 8.1.7 Client. Pentium III 700 МГц, RAM 256 МБ, 300 МБ на HD, NetCard 100 Мбит.
Клиент	Минимальные: Windows 98. Pentium 100, RAM 32 МБ, 10 МБ на HD, NetCard 10 Мбит.
	Рекомендованные: Windows 2000. Pentium 200, RAM 128 МБ, 100 МБ на HD, NetCard 100 Мбит.

Руководство пользователя PDM STEP Suite опубликовано в источнике [68].

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под электронной концепцией изделия?
2. Что понимается под контекстом в пределах информационной модели изделия?
3. В чем состоит отличие понятий «Информационная единица» и «Информационный объект»?
4. Какой архитектурой можно отразить базовую структуру PDM?
5. Какую семантику содержит термин «Электронное описание изделия»?
6. Что обозначает аббревиатура ЭСИ?
7. Назовите шесть разновидностей ЭСИ.
8. Нарисуйте схему состава электронной геометрической модели изделия.
9. Какие три типа геометрических моделей вы знаете?
10. Что такое — стандартизация STEP?
11. Что такое — CALS-технологии?
12. Что такое — PLM-система?
13. Для чего предназначен пакет стандартов ISO 10303?
14. Для чего предназначен язык Express?
15. Какую современную отечественную PDM вы знаете?

4 РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

Как показывает учебный материал третьего раздела, **электронное описание изделия** представляет собой базу данных, хранящих информацию о его *тактико-технических данных, конструкции изделия, особенностях его эксплуатации, ремонта и контроля производства*. Такое описание контролируется системой управления данными об изделии (**PDM**) или, в более общем случае, — системой управления жизненным циклом изделия (**PLM**).

Согласно источнику [64], **общая база данных об изделии** (см. рисунок 3.7) должна включать:

- а) комплект конструкторских документов;
- б) комплект технологических документов;
- в) документы по качеству;
- г) инструкции по монтажу, эксплуатации и ремонту изделия;
- д) плановые и отчётные документы;
- е) прочие документы.

Примечание — В целом, **электронное описание изделия** (ЭОИ) должно представляться в виде документов, которые может получать и анализировать человек. Следовательно, документы должны быть представлены в виде файлов, которые могли бы отражаться специальными программными средствами просмотра или редактирования.

Учебная цель данного раздела — *краткий обзор ряда популярных форматов файлов*, которые можно было бы использовать для целей конструкторского и технологического проектирования применительно к тематике изучаемой дисциплины.

Практика формирования и использования документов, обрабатываемых средствами вычислительной техники, показывает, что *форматы документов имеют собственную структуру*, которая ориентирована на применяемое инструментальное программное обеспечение и **имеет явно выраженную историческую преемственность**. В свою очередь, такая историческая преемственность обусловлена самим историческим развитием инструментальных средств, обрабатывающих форматы документов. Это приводит к тому, что форматы документов становятся **сложными информационными объектами (ИО)**, претендующими на *статус самостоятельных изделий*.

Примечание — **Большинство используемых форматов файлов**, предназначенных для электронного описания изделий (ЭОИ), являются лицензируемыми объектами, что ограничивает их использование.

Согласно конструкторскому стандарту ГОСТ 2.053-2013, электронная структура изделия (ЭСИ) опирается на содержательную часть информационных объектов (ИО) изделия. Как правило, содержательная часть ИО представляется в **виде информационных единиц (ИЕ)**, которые представляются как *файлы или набор взаимосвязанных файлов*, рассматриваемых как единое целое. В таких условиях **форматы файлов** становятся *значимыми конструктивными элементами САПР* и требуют отдельного рассмотрения.

Чтобы конкретизировать тематику данного раздела, рассмотрим только три аспекта обозначенной проблемы:

- а) форматы документов систем CAD/CAM/CAE;
- б) формат документа PDF;
- в) стандарт документов OpenDocument Format (ODF).

4.1 Форматы документов CAD/CAE/CAM

Согласно классическим представлениям о проектной документации, она группируется на конструкторскую, технологическую документацию и документацию по подготовке производства. В свою очередь, проводится содержательная стандартизация указанных групп документов в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП. Электронная концепция изделия и системы автоматизированного проектирования (САПР) вносят в подготовку, создание и использование документов свои изменения, привязывающие конечных пользователей (конструкторов и технологов) к специализированным средствам вычислительной техники и программного обеспечения. Без использования указанных средств, автоматизация проектной деятельности становится невозможной, что порождает следующие **проблемы автоматизации проектных работ**:

- а) проблемы **обеспечения преемственности и конструктивной согласованности** проектной документации;
- б) проблемы **обеспечения юридической правомочности** подготовки, создания и использования проектной документации.

Примечание — Современные САПР стремятся к интеграции систем CAD/CAE/CAM на основе фирменных проприетарных форматов документов.

Преемственность работ конструкторского и технологического проектирования является достаточно очевидным фактом проектной деятельности. Эта преемственность значительно уменьшает объем ручного труда проектировщиков по формированию электронного описания изделия (ЭОИ) и сопровождения полученных данных в соответствующих базах данных. С другой стороны, необходимость инженерных расчётов требует интеграции в САПР системы автоматизации инженерных расчётов (CAE). Такая совокупность САх является вполне разумной, хотя и требует специализации в соответствии с направленностью проектной деятельности.

Примечание — Все современные САПР основаны на некотором геометрическом ядре (CAD Geometric Kernel), которое позволяет построить геометрическую модель изделия.

Действительно, как показано ранее в таблице 2.4, **первые геометрические ядра** появились **в 1982 году** и эта тенденция создания геометрических ядер продолжается до настоящего времени. **Современные ядра** ориентированы на **построение 3D моделей** и составляют принадлежность большинства коммерческих САПР.

Не вдаваясь в детали полезности и необходимости использования 2D и 3D моделей изделий, отметим, что все построенные на их основе САПР имеют некоторое *уникальное представление электронного описания изделия (ЭОИ)*, что требует:

- а) *согласования* внутреннего представления ЭОИ с внешним ЭОИ, которое сохраняется в базе данных под управлением PDM (PIM, Product Information Management);
- б) *согласования* внутренних представлений ЭОИ при передаче их между различными САПР.

Чтобы кратко описать обозначенную проблематику реализации и использования имеющихся средств САПР, рассмотрим конкретные **примеры используемых форматов файлов**:

- а) *форматы файлов DWG и DXF*, предложенные и используемые в системе AutoCAD;
- б) *форматы файлов САПР Компас-3D* российской компании «Аскон».

4.1.1 Форматы файлов DWG и DXF

В 1982 году, американская компания Autodesk выпустила первую версию системы автоматизированного проектирования (САПР) AutoCAD. Эта версия предназначалась для автоматизации проектных работ на ЭВМ типа IBM PC, называемых в то время «микрокомпьютерами». Предполагалось, что она может работать и на восьмиразрядных ОС CP/M, обеспечивая **манипулирование элементарными объектами**, такими как *круги, линии, дуги и текст*, из которых составлялись более сложные геометрические конструкции. В таком качестве эта САПР получила репутацию «*электронного кульмана*».

Для нашей темы AutoCAD интересна прежде всего авторством форматов файлов DWG и DXF.

DWG — бинарный формат файла, предназначенный для хранения двухмерных (2D) и трёхмерных (3D) проектных данных и метаданных. Считается, что аббревиатура DWG — это сокращение слова drawing (чертёж).

DXF (Drawing eXchange Format) — открытый формат файлов, предназначенный для передачи содержимого файлов формата DWG в процедурах обмена графической информацией между приложениями САПР.

В период с 1982 по 2009 годы популярность системы AutoCAD стремительно растёт, а компания Autodesk выпустила за это время порядка **24 релизов** различных версий указанного формата. При этом, формальное описание структуры файлов DWG менялось порядка **18 раз**, хотя его спецификации никогда не публиковались. В тоже время, спецификации на открытый формат файлов DXF выпускались со значительным опозданием, что порождало проблемы с переносом информации как между различными версиями AutoCAD, так и между системами других САПР. Ситуация становилась настолько критической, что в 1998 году компания Visio Corporation и ряд других юридических лиц создали консорциум **OpenDWG Alliance**, как независимую некоммерческую организацию, цель которой — открыть и стандартизировать формат файлов DWG. В 2003 году этот альянс изменил название на *Open Design Alliance*.

Open Design Alliance (ODA) — некоммерческая организация, продвигающая на рынок свои продукты *DWGdirect*, *OpenDWG* и *DGNdirect* с целью создания открытого стандарта файлов формата DWG.

После множества судебных разбирательств, в 2010 году альянс ODA и компания Autodesk уладили свои конфликты:

- а) *DWGdirect* был переименован в «Teigha for .dwg files»;
- б) *OpenDWG* был переименован в «Teigha Classic»;
- в) *DGNdirect* был переименован в «Teigha for .dgn files».

В мае 2012 года, патентное ведомство США приняло решение об отказе регистрации DWG и других производных наименований как товарные знаки компании Autodesk. Буквенное сочетание «DWG» признано общеупотребительным термином и может использоваться кем угодно. Соответственно и такие библиотеки как *OpenDWG* могут использоваться всеми желающими разработчиками САПР.

Примечание — В зависимости от вида участия, альянс ODA распространяет свои продукты на платной основе.

ODA предоставляет следующие виды участия в своём альянсе: *корпоративное, основное, поддерживающее, коммерческое, некоммерческое и образовательное*. Все они, кроме последнего, осуществляются на платной основе.

Образовательные участники (Educational Members) могут использовать библиотеки исключительно в образовательных целях и не имеют права распространять их в составе ка-

кого-либо коммерческого приложения, или совместно с каким-либо другим коммерческим приложением. **Само участие** (Educational Membership) возможно исключительно для высших образовательных учреждений, которое хоть и бесплатно, но имеет лимит в один год.

Примечание — Можно с уверенностью предположить, что значимость форматов файлов DWG и DXF — сильно преувеличена.

Хотя **формально сняты лицензионные ограничения** на товарные знаки форматов файлов DWG и DXF, компания Autodesk не публикует спецификации DWG и не гарантирует совместимость этих спецификаций с форматом файлов DXF. Альянс ODA также продолжает свою работу, публикуя свои спецификации на формат DWG, например, «Open Design Specification for .dwg files Version 5.4.1 » [69].

С другой стороны, различные системы САПР имеют свои внутренние спецификации представления данных, а стандарты ЕСКД и ИСО требуют представление данных в нейтральном стандарте STEP.

Тем не менее популярность формата DWG остаётся на высоком уровне. Многие САПР заявляют о его поддержке и преобразовании в другие форматы. Создаются программы просмотра этих файлов, например:

- а) **ShareCAD** — бесплатный онлайн сервис для просмотра САД-файлов и 3D-моделей, доступный на сайте: <https://beta.sharecad.org/ru>. Данный ресурс предоставляет возможность загружать файлы **до 50 МБайт** и демонстрировать полученное изображение.
- б) **ProgramPRO** — аналогичный ресурс Интернет, также позволяющий загружать файлы **до 50 МБайт**: http://program-pro.ru/poleznoe/prosmotr_dwg_online/.
- в) **Free DWG Viewer** — доступная для MS Windows и отдельная в использовании программа, предназначенная для открытия и просмотра чертежей и схем, созданных в AutoCAD: https://freesoft.ru/windows/free_dwg_viewer.
- г) **Bricscad Linux САПР** — бесплатная для платформы Linux, поддерживающая все форматы DWG и обеспечивающая полную совместимость с AutoCAD 2011. Доступна на сайте: https://freesoft.ru/linux/bricscad_linux.

Имеются компании, которые пытаются полностью или частично имитировать работу самой САПР AutoCAD, например:

- а) **IntelliCAD** — проприетарная САПР, разрабатываемая с 1998 года международным консорциумом IntelliCAD Technology Consortium (ITC), которая тесно сотрудничает с некоммерческой организацией Open Design Alliance (ODA).
- б) **ZWCAD** — проприетарная САПР китайской компании ZWCAD Software Co., Ltd (ZWSOFT), которая пытается полностью имитировать систему AutoCAD. На территории Российской Федерации имеется несколько компаний, являющихся дистрибьюторами ZWSOFT, например, ООО «ЗВСОФТ».

Можно приводить ещё много примеров систем проектирования, пытающихся поддерживать форматы файлов DWG и DXF или имитировать работу AutoCAD. Большинство из них являются проприетарными системами, поддерживающими 3D модели изделий и ориентированными на программную платформу MS Windows. Подобная ситуация порождает ряд вопросов, на которые сложно найти однозначные ответы:

- а) Действительно ли формат файлов DWG настолько хорош, что требуется тратить значительные интеллектуальные силы и время на его поддержку?
- б) Действительно ли 3D модели значительно влияют на качество средств автоматизации конструкторского и технологического проектирования?

- в) Каковы затраты на поддержку формата DWG и как извлекать полезную информацию об изделии при его использовании.

4.1.2 Форматы файлов САПР КОМПАС

Семейство САПР КОМПАС (КОМПлекс Автоматизированных Систем) российской компании «Аскон» уже было упомянуто во втором разделе учебного пособия (см. пункт 2.3.2). Было отмечено, что первая версия системы вышла *в 1989 году*, реализуется в среде MS Windows, выпускается на основе геометрического ядра C3D, имеет различные редакции коммерческих версий, а также учебную версию «Компас-3D» и версию для домашнего использования «Компас-3D HOME». Система изначально была ориентирована на оформление документации в соответствии с ЕСКД, ЕСТД, СПДС и международными стандартами.

Новостные сообщения компании «Аскон» объявляют [70]: «В 2020 году АСКОН запустил проект по переводу своего программного обеспечения на ОС Linux. ... Укрупнённый план по адаптации КОМПАС-3D под Linux выглядит следующим образом:

- 2020 год — планирование работ (выполнено);
- 2021 год — научно-исследовательская работа (выполняется по плану);
- 2022 год — внутренний прототип КОМПАС-3D и его API;
- 2023 год — альфа и бета-версия КОМПАС-3D;
- 2024 год — коммерческая версия КОМПАС-3D (базовая функциональность);
- 2025 год — приложения для КОМПАС-3D».

Имеются публикации, например, [71], что *в августе 2021 года* разработчик ядра C3D (компания C3D Labs) и компания «Аскон» выпустили версию геометрического ядра для дистрибутива ОС «Астра» (семейство ОС Linux). Это подтверждает планы компании «Аскон» на создание отечественных программно-аппаратных комплексов, работающих на импортонезависимых операционных системах.

В августе 2020 года, компания C3D Labs опубликовала документ «C3D. Руководство разработчика» [72], содержащий описание своего ядра. В частности подраздел, озаглавленный «О.10. ФОРМАТ C3D», даёт описание представления 3D модели этого ядра.

Формат C3D обеспечивает запись модели изделия в буфер памяти или в файл. Для этого, место хранения разбивается на кластеры, как показано на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 — Структура данных в файловом пространстве (компактный формат) [72]

Сама запись геометрической модели изделия представляет сериализованный объект типа *MbModel*, состоящий и последовательности объектов типа *MbItem*, как это показано на рисунке 4.2. Соответственно, на рисунках 4.3 и 4.4 показана структура пространства записей и формат записей для *расширенного представления C3D*.

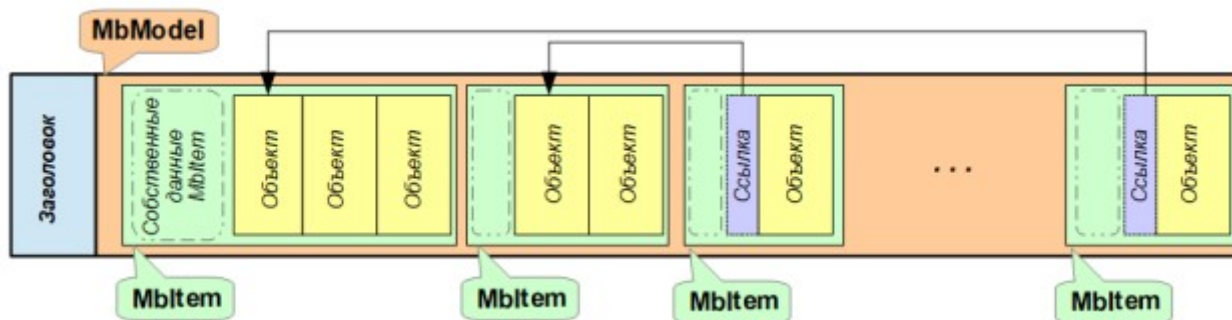


Рисунок 4.2 — Схема хранения геометрической модели в последовательном буфере памяти (компактный формат) [72]

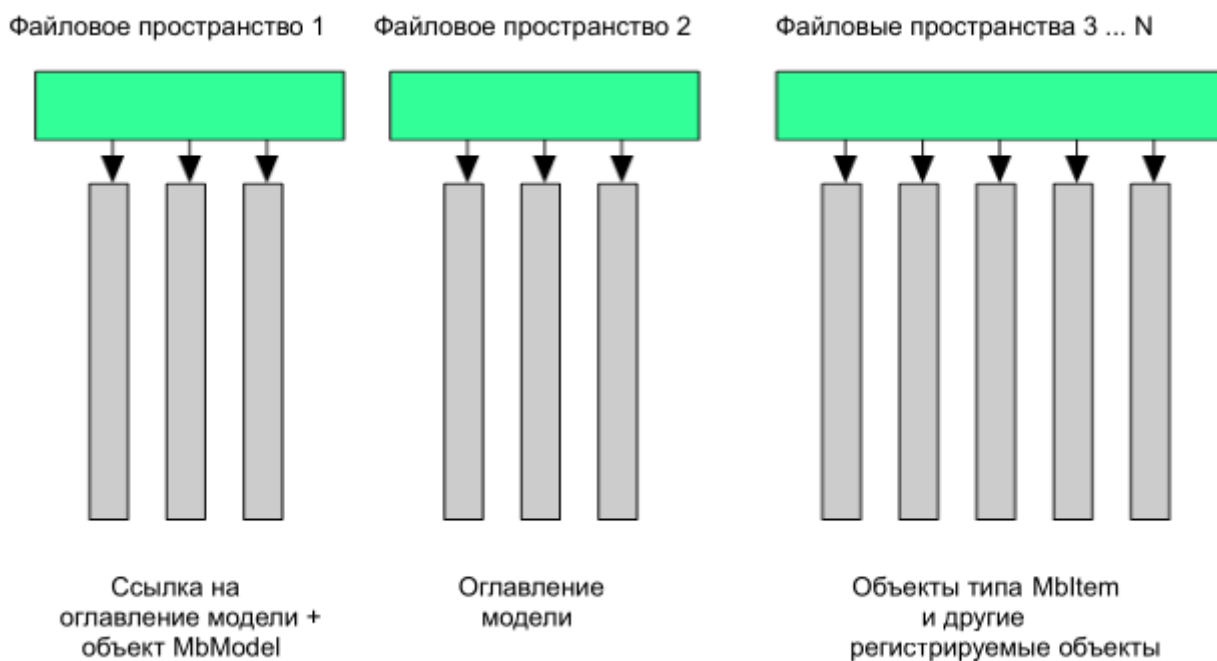


Рисунок 4.3 — Структура данных в памяти (расширенный формат) [72]

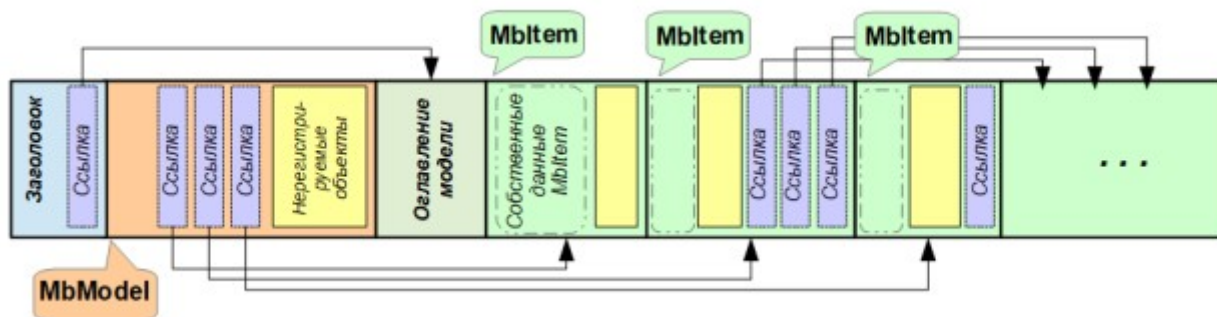


Рисунок 4.4 — Схема хранения геометрической модели в последовательном буфере памяти (расширенный формат) [72]

В целом, геометрическое ядро C3D обеспечивает экспорт и импорт форматов SAT, ISES, JT, X_T, X_B, STEP, STL, VRML, что описано в [72, разделы Т.1, Т.2 и Т.3].

Таким образом, геометрическое ядро C3D обеспечивает конвертацию всех наиболее распространённых форматов представления электронных моделей САПР.

4.2 Документы формата PDF

PDF (*Portable Document Format*) является межплатформенным открытым форматом представления электронных документов, предназначенным для хранения и отображения полиграфической продукции. Он был разработан американской компанией Adobe Systems и опубликован *в 1993 году*. Концептуально формат был создан на основе широко известного языка PostScript.

PostScript — мультипарадигменный, стековый и процедурный язык разметки страниц, созданный Джоном Уорноком *в 1982 году* для вывода текста и графики на различные устройства печати.

Идейной основой формата PDF является «*виртуальный принтер*», для которого готовится документ в формате PDF, после чего он может распространяться в электронном виде или передаваться в типографию для изготовления полиграфической продукции.

Виртуальный принтер — это *программная реализация интерфейса*, соответствующего драйверу некоторого абстрактного принтера. Предполагается, что разработчики печатающих устройств сами реализуют преобразования команд «виртуального принтера» в команды реальных физических принтеров.

Первоначально формат PDF был крайне непопулярным поскольку был функционально ограниченным и поддерживался проприетарным программным обеспечением компании Adobe Systems. Со временем ситуация изменилась. Стали поддерживаться *пароли, потоки, ссылки, независимая от устройств цветопередача, интерактивные элементы, обработка событий мыши, мультимедийные типы, кодировка символов Unicode, улучшенное представление цвета и графики*.

Наконец компания Adobe Systems выпустила официальную бесплатную программу просмотра документов — *Adobe Reader*. В результате, с первого июля 2008 года формат PDF стал открытым стандартом ISO 32000.

В настоящее время формат PDF получил широкую популярность. Он позволяет *внедрять необходимые шрифты для построчного текста, векторные и растровые изображения, поддерживает формы диалога и мультимедийные вставки, также — несколько типов сжатия растровой информации*. Имеет собственные технические форматы для полиграфии, включает в себя механизмы электронных подписей для защиты и проверки подлинности документов. Для поддержки этого формата разработано множество приложений. Большинство САПР обеспечивают экспорт документов в этот формат.

Примечание — Документы в формате PDF можно рассматривать как электронные аналоги бумажных документов.

Для нашей дисциплины документы в формате PDF интересны прежде всего своей популярностью и наличием множества доступных инструментальных средств для их *изготовления, сохранения, просмотра и распространения*. В таком аспекте они не требуют сложных и дорогостоящих САПР для изучения и использования результатов разработки простейших проектов, что само по себе имеет положительные перспективы.

Для более подробного изучения свойств и возможностей формата PDF, в плане осуществления проектной деятельности, ограничимся кратким описанием следующих сфер его применения:

- а) *приложения* для работы с файлами PDF;
- б) *инструментальные свойства* библиотеки Poppler для рендеринга файлов PDF;
- в) *обработка файлов PDF* с помощью инструментальных средств Apache PDFBox, написанных на языке Java.

4.2.1 Приложения для работы с файлами PDF

В прикладном плане файлы формата PDF предназначены для представления полиграфической продукции, реализуя интерфейс «виртуального принтера». Со временем структура этих файлов стала усложняться, обеспечивая поддержку шифрования, электронной подписи и включения диалоговых элементов. Такое развитие характерно и для других популярных форматов файлов, что делает структуру их представления все более сложной и требует использования все более сложных инструментальных средств для работы с ними.

Не вдаваясь во все детали будущих перспектив формата PDF, отметим два прикладных аспекта их использования, имеющих соответствующее отражение в двух отдельных типах представления: формат PDF/A и формат PDF/X.

PDF/X (PDF/X-1a) — спецификация формата Adobe Portable Document Format, ограничивающий содержание PDF документа до представления, необходимого для высококачественного воспроизведения при печати. Такой формат исключает использование аннотаций, включений языка JavaScript и вложенных мультимедийных элементов. Он специально предназначен для «слепого» обмена готовыми к печати документами в виде электронных данных. Отправителю и получателю не требуется дополнительной информации для подготовки документов к печати и получения требуемых результатов.

PDF/A — формат на базе версии PDF 1.4, предназначенный для долгосрочной и высококачественной архивации документов PDF. Формат соответствует стандарту ISO 19005-1:2005 [73]. В нем отключены функции защиты, запрещён аудио и видео контент. Соответствие стандарту гарантирует, что файл/документ PDF может быть просмотрен и воспроизведён независимо от будущих изменений в формате PDF.

Поскольку формат PDF поддерживает как растровую, так и векторную графику, то нас интересует прежде всего формат PDF/A, обеспечивающий надёжное долговременное сохранение с возможностью воспроизведения содержимого файлов широким набором свободного программного обеспечения. В дальнейшем мы не будем отдельно выделять тип PDF/A, подразумевая использование его по умолчанию.

Обычно переносимость форматов документов (файлов) сильно ограничена используемым набором шрифтов. Формат PDF имеет встроенный набор шрифтов типа Times, Courier, Helvetica, Symbol b Zapf Dingbats, что позволяет значительно уменьшить размер файлов и сохранить геометрию всех символьных начертаний текста.

Безусловно самым лучшим универсальным кроссплатформенным пакетом для работы с файлами форматов PDF является Adobe Acrobat, выпускаемый компанией Adobe Systems с 1993 года. Основным недостатком этого пакета является проприетарная лицензия, ограничивающая его бесплатное распространение и использование.

Далее мы рассмотрим только ряд свободно распространяемых приложений, разделив их на функциональные группы: создание, чтение и редактирование файлов формата PDF.

Создание файлов PDF можно осуществить следующими тремя продуктами:

- а) **pdfTeX** — программа, входящая в пакет компьютерной вёрстки документов LaTeX.
- б) **OpenOffice Writer** — текстовый процессор и визуальный редактор HTML, входящий в офисный пакет Apache OpenOffice.
- в) **LibreOffice Draw** — векторный графический редактор, входящий в кроссплатформенный, свободнораспространяемый офисный пакет с открытым кодом LibreOffice.

Чтение файлов PDF можно осуществить следующими продуктами:

- а) **Evince** — приложение для просмотра документов, разрабатываемое в рамках проекта GNOME, представляющего официальную среду рабочего стола проекта GNU.

- б) *Okular* — универсальное приложение для просмотра документов графической среды KDE (Kernal Desktop Environment).
- в) *SumatraPDF* — свободная программа для просмотра и печати документов в различных форматах для платформы MS Windows.
- г) *Mozilla Firefox* — свободный браузер, разработкой и распространением которого занимается Mozilla Corporation.
- д) *Xpdf* — свободная программа просмотра документов PDF, являющаяся авторской разработкой для графических систем X Window System и Motif.
- е) *Ghostview* — программа просмотра документов из пакета Ghostscript.

Редактирование файлов PDF осуществляется **следующими продуктами**:

- а) *PDFmod* — простой инструмент для ОС Linux, позволяющий: поворачивать, извлекать, удалять страницы и изменять их порядок. Можно также объединять несколько документов с помощью перетаскивания и редактировать информацию о названии, теме, авторе и ключевые слова документа **PDF**.
- б) *PDFsam* — бесплатное мультиплатформенное программное обеспечение с открытым исходным кодом, предназначенное для объединения файлов PDF (целых документов или выбранных диапазонов страниц), сохранения или удаления закладок, разделение файлов PDF по страницам на нечётные, чётные и отдельные страницы, извлечение выбранных страниц из файла PDF и многое другое.
- в) *OpenOffice Writer* и *LibreOffice Draw* — прямое интерактивное редактирование.
- г) *Pdfik* — консольная мультиплатформенная программа для выполнения различных операций с отдельными страницами или многостраничными документами в формате PDF, позволяющая: объединять, разделять, извлекать, добавлять и удалять страницы. Обеспечивает поворот страниц на 90° или 180°. Может добавлять фон, «водяные» и другие знаки на передний план страниц.

В целом, перечисленный инструментарий подтверждает мнение, что формат файлов PDF может с успехом рассматриваться как хороший вариант для сохранения и использования проектной документации, особенно при её первичном изучении.

4.2.2 Poppler — библиотека для рендеринга файлов PDF

Poppler — *свободно распространяемая библиотека*, написанная на языке C++ для Linux и других UNIX-подобных операционных систем и предназначенная для рендеринга (отрисовки) файлов формата PDF. Эта библиотека основана на кодовой базе программы *Xpdf* и разрабатывается в рамках проекта *Freedesktop.org*.

Особая ценность библиотеки Poppler объясняется ее широким использованием во многих приложениях ОС Linux. Такими приложениями, среди перечисленных в предыдущем пункте, являются: приложения для просмотра документов *Evince* и *Okular*; офисные пакеты *OpenOffice* и *LibreOffice*.

Основным недостатком библиотеки Poppler можно назвать отсутствие подробной документации, что требует изучения исходных кодов программного обеспечения, загружаемого с сайта проекта *Freedesktop.org*: <https://poppler.freedesktop.org/>. Более того, Poppler распространяются в трёх вариантах (frontends): для языка *cpp* и графических библиотек *glib* и *qt5*.

С другой стороны в пакет программного обеспечения Poppler входит достаточно большой набор консольных утилит, предназначенных для различных манипуляций с файлами формата PDF. Основной набор этих утилит перечислен в таблице 4.1, а более подробное изу-

чение их возможностей и практического применения можно изучить с помощью утилиты *man* информационной подсистемы ОС Linux.

Таблица 4.1 — Консольные утилиты пакета Poppler

Утилита	Назначение утилиты
pdfdetach	Отображает список или извлекает встроенные файлы из файла формата PDF.
pdffonts	Отображает список шрифтов, используемых в файле PDF.
pdfimages	извлекает и сохраняет различные изображения из файла PDF.
pdfinfo	Отображает контент (свойства) документа PDF.
pdfseparate	Извлекает одну или несколько отдельных страниц из файла PDF.
pdftocairo	Преобразует файл PDF в форматы PNG, JPEG, PS (PostScript), EPS, SVG с помощью библиотеки векторной графики Cairo.
pdftohtml	Преобразует в документ PDF в страницу HTML.
pdftoppm	Преобразует в изображения форматов PPM, PNG или JPEG.
pdftops	Преобразует файл PDF в файл языка PostScript (PS).
pdftotext	Преобразует файл PDF в текстовый файл.
pdfunite	Объединяет несколько документов PDF в один документ формата PDF.

На момент написания данного учебного пособия, учебная ОС УПК АСУ содержит три библиотеки пакета Poppler, показанных на рисунке 4.5: *libpoppler-cpp.so.0.9.0*, *libpoppler-glib.so.8.21.0* и *libpoppler.so.114.0.0*.

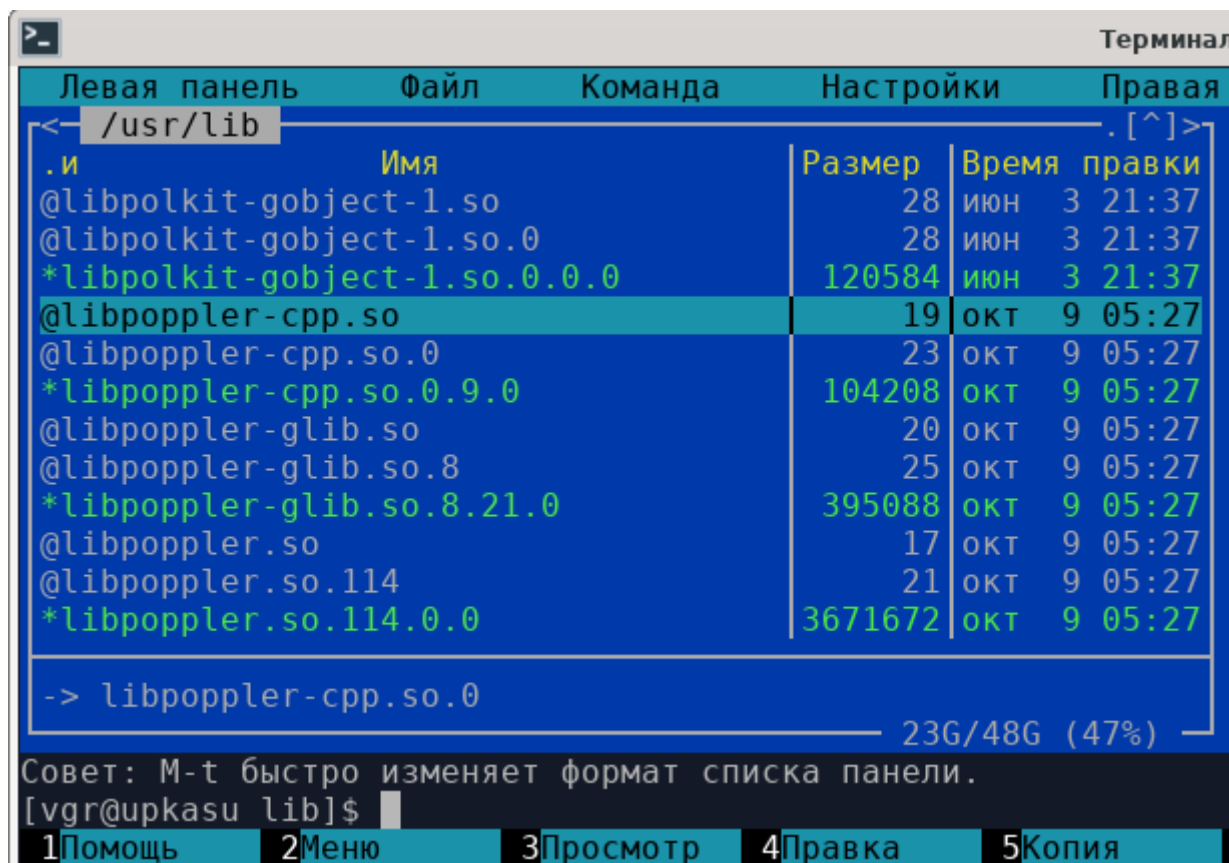


Рисунок 4.5 — Библиотеки пакета Poppler ОС УПК АСУ

Прямое использование показанных библиотек выходит за рамки нашей дисциплины, но потенциальная возможность их применения остаётся в силе.

4.2.3 Обработка файлов PDF с помощью Apache PDFBox

Как сообщается в соответствующем разделе англоязычного сайта github.com, посвящённого проекту PDFBox и доступному по адресу <https://github.com/nilostolte/PDFBox>: «Библиотека Apache PDFBox — это инструмент Java с открытым исходным кодом для работы с документами PDF. Проект библиотеки Apache PDFBox позволяет просматривать PDF-документы, создавать новые PDF-документы, управлять существующими документами и извлекать контент из документов. Apache PDFBox также включает несколько утилит командной строки.

Проект в этом репозитории предлагает несколько версий исходного кода PDFBox, которые можно скомпилировать напрямую с Eclipse без использования Maven. Используемая здесь версия исходного кода — pdfbox-2.0.23. Полная версия (PDFBox-Complete) представляет собой полный немодифицированный PDFBox со всеми пакетами. Другие версии, которые для удобства находятся в других репозиториях, представляют собой модифицированные версии, предлагающие больше возможностей и, как правило, для более специфического использования».

Уже готовое, собранное в пакет программное обеспечение PDFBox, можно загрузить с сайта <https://pdfbox.apache.org/download.html>. Как показано на рисунке 4.6, имеется несколько доступных версий этого пакета.

APACHE PDFBOX

- Overview
- License
- Download

COMMUNITY

- Support
- Mailing Lists
- Issue Tracker
- Project Team

DOCUMENTATION

- 3.0 (Pre Release)

Download

Latest Releases

The Apache PDFBox community provides feature and bugfix releases.

- Alpha release for PDFBox 3.0.0 — 3.0.0-alpha2
- Feature release for PDFBox 2.0.x — 2.0.24
- Bugfix release for PDFBox 1.8.x — 1.8.16
- Feature release of JBIG2 ImageIO plugin 3.0.x — 3.0.3
- [Previous releases](#)

See also the [export control](#) information related to the encryption features included in Apache PDFBox.

Рисунок 4.6 — Доступные версии пакета PDFBox

Текущей стабильной версией Apache PDFBox считается 2.0.24. для разработки приложений, обеспечивающих создание файлов PDF, добавления и удаления страниц, а также различных манипуляций с текстом и изображениями. Для работы достаточно библиотек языка Java, показанных на рисунке 4.7. Можно также скачать пять файлов, обведённых на рисунке красным эллипсом и подключать их к проектам инструментальной системы Eclipse.

Хотя по данному пакету отсутствует русскоязычная документация, начальные навыки можно получить в статье «PDFBox — Краткое руководство», которая размещена на сайте <https://coderlessons.com/tutorials/java-tehnologii/vyuchit-pdfbox/pdfbox-kratkoe-rukovodstvo>.



PDFBox
2.0.24
feature

Command line tools

PDFBox standalone	pdfbox-app-2.0.24.jar	ASC	SHA512
Debugger standalone	debugger-app-2.0.24.jar	ASC	SHA512
Preflight standalone	preflight-app-2.0.24.jar	ASC	SHA512

Libraries of each subproject

pdfbox	pdfbox-2.0.24.jar	ASC	SHA512
fontbox	fontbox-2.0.24.jar	ASC	SHA512
preflight	preflight-2.0.24.jar	ASC	SHA512
xmpbox	xmpbox-2.0.24.jar	ASC	SHA512
pdfbox-tools	pdfbox-tools-2.0.24.jar	ASC	SHA512
pdfbox-debugger	pdfbox-debugger-2.0.24.jar	ASC	SHA512

Рисунок 4.7 — Библиотеки пакета PDFBox, достаточные для разработки приложений

Выполнив краткое рассмотрение пакетов Poppler и Apache PDFBox, возникает естественный вопрос: для каких конкретных целей они могут быть использованы в деятельности по автоматизации конструкторского и технологического проектирования?

Ответ может показаться риторическим, но в условиях разработки собственных проектов автоматизации постоянно возникает необходимость создания или модификации проектных документов. Такая модификация может производиться двумя основными способами:

- использованием уже имеющихся утилит*, для чего могут быть применены инструментальные средства пакета Poppler;
- использованием программных средств межплатформенного языка Java*, на основе которого можно реализовывать как локальные, так и распределенные приложения.

4.3 Стандарт OpenDocument Format

OpenDocument Format (ODF) — открытый формат документов, разработан индустриальным сообществом OASIS (Organization for Structured Information Standards), для хранения и обмена редактируемыми офисными документами, такими как заметки, отчёты и книги, электронными таблицами, рисунками, базами данных и презентациями.

Стандарт ODF основан на формате языка XML и в мае 2006 года был принят как международный стандарт ISO/IEC 26300-2005. В июле 2015 года в него были внесены изменения и он стандартизован как ODF версии 1.2.

Стандарт ODF появился как альтернатива частным закрытым двоичным форматам системы Microsoft Office 97—2003, которые корпорация Microsoft представляет как OOXML (Office Open XML) опубликованный как закрытый проект ISO/IEC IS 29500:2008. Соответственно, ODF был совместно и публично разработан различными организациями и доступен для всех. Он может быть использован без каких-либо ограничений.

Примечание — Следует обратить внимание, что ODF и OOXML — стандарты офисных документов, напрямую не объявленные документами систем САПР.

В настоящее время офисные системы, как и браузеры Интернет, являются обязательным явочным стандартом программного обеспечения (ПО) всех операционных систем (ОС). В этой ситуации, большинство документов формируется, обрабатывается и изучается посредством различных офисных приложений. В частности, формат PDF, рассмотренный в предыдущем подразделе, также не имеет прямого отношения к проектным документам САПР, но широко используется в силу своей популярности и распространённости в инструментальных средствах ОС.

Учитывая, что OOXML ориентирована на коммерческие продукты MS Office и до сих пор поддерживает только «переходные версии» стандарта, мы его рассматривать не будем, а сосредоточимся на изучении основ формата ODF, описание версии 1.0 которого опубликовано в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 26300—2010 [74] объёмом 893 страницы.

В целом, описание ODF рассматривается только в трёх аспектах:

- а) общее описание ODF, основанное на документах сообщества OASIS;
- б) инструментальное приложение LibreOffice Draw, наиболее подходящее для реализации базовых графических конструкторских документов;
- в) инструментальные средства пакета ODF Toolkit, позволяющие программно создавать, сканировать и управлять документами в формате стандарта ISO/IEC 26300.

4.3.1 Общее описание ODF

Файл OpenDocument — архив ZIP, включающий в себя файловую иерархию самого документа, а также вспомогательную метаинформацию страниц документа.

В целом организация OASIS опубликовала четыре спецификации OpenDocument доступные для ознакомления в различных форматах ODT, HTML и PDF:

- а) [OpenDocument 1.3 specification](#);
- б) [OpenDocument 1.2 specification](#);
- в) [OpenDocument 1.1 specification](#);
- г) [OpenDocument 1.0 specification](#).

Имеется также достаточно обширная англоязычная статья в Википедии под названием «OpenDocument technical specification», описывающая структуру файла ZIP и доступная по адресу: https://en.wikipedia.org/wiki/OpenDocument_technical_specification. В ней отмечается, что наиболее распространёнными расширениями файлов, используемыми для разных типов документов OpenDocument, являются: **.odt** для текстовых документов, **.ods** для электронных

таблиц, **.odp** для презентационных программ и **.odg** для графики. Эти расширения легко запоминаются, рассматривая «**.od**» как краткое обозначение для «OpenDocument». Затем учитывается, что последняя буква расширения указывает на свой более специфический тип. Например, **t** - для текста, **p** — для презентаций, **g** — для графики и другие подобные варианты.

Далее, в таблице 4.2, приведён полный список типов документов, показывающий: тип файла, рекомендуемое расширение файла и тип MIME.

Таблица 4.2 — Основные типы документов стандарта OpenDocument Format

Тип файла	Расширение	Тип MIME	Версия
Text	.odt	application/vnd.oasis.opendocument.text	1.0
Spreadsheet	.ods	application/vnd.oasis.opendocument.spreadsheet	1.0
Presentation	.odp	application/vnd.oasis.opendocument.presentation	1.0
Drawing	.odg	application/vnd.oasis.opendocument.graphics	1.0
Chart	.odc	application/vnd.oasis.opendocument.chart	1.0
Formula	.odf	application/vnd.oasis.opendocument.formula	1.0
Image	.odi	application/vnd.oasis.opendocument.image	1.0
Master Document	.odm	application/vnd.oasis.opendocument.text-master	1.0
Database	.odb	application/vnd.sun.xml.base	Не определено в спецификациях ODF 1.0/1.1; используется в OpenOffice.org 2.x
Database	.odb	application/vnd.oasis.opendocument.base	ODF 1.2; используется в OpenOffice.org 3.x
Database	.odb	application/vnd.oasis.opendocument.database	Определено регистрации IANA
OpenDocument как XML	--	text/xml	1.0

OpenDocument поддерживает технологию шаблонов, которые представляют собой информацию о форматировании (включая стили) документов, без самого содержимого. Рекомендуемое расширение имени файла начинается с «**.ot**», что интерпретируется как сокращение понятия «шаблон Open Document». Последняя буква расширения определяет тип шаблона. Например, **t** — шаблон для **.odt**.

Используемые типы шаблонов представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 — Основные типы шаблонов документов стандарта OpenDocument Format

Тип файла	Расширение	Тип MIME	Версия
Text	.ott	application/vnd.oasis.opendocument.text-template	1.0
Spreadsheet	.ots	application/vnd.oasis.opendocument.spreadsheet-template	1.0
Presentation	.otp	application/vnd.oasis.opendocument.presentation-template	1.0
Drawing	.otg	application/vnd.oasis.opendocument.graphics-template	1.0
Chart template	.otc	application/vnd.oasis.opendocument.chart-template	1.0
Formula template	.otf	application/vnd.oasis.opendocument.formula-template	1.0
Image template	.oti	application/vnd.oasis.opendocument.image-template	1.0
Web page template	.oth	application/vnd.oasis.opendocument.text-web	1.0

Файл OpenDocument обычно состоит из стандартного архива **ZIP**, подобного архивам **JAR** языка **Java**, содержащего несколько файлов и каталогов. Допускаются также файлы **OpenDocument**, состоящие только из одного документа **XML**. Рассмотрим их структуру.

Общая структура файла OpenDocument обычно представляет собой набор из нескольких поддокументов в пакете ZIP и как один XML широко не используется. Сама спецификация структуры файлов ZIP была определена в документе Info-ZIP Application Note 970311 и опубликована в *1997 году*. Простой механизм сжатия, используемый для пакета, обычно делает файлы OpenDocument значительно меньше, чем эквивалентные файлы Microsoft *.doc* или *.ppt*. Этот меньший размер важен для организаций, которые хранят огромное количество документов в течение длительных периодов времени или которые должны обмениваться документами по низкоскоростным сетевым соединениям.

После распаковки архива ZIP, получается множество файлов данных, многие из которых содержатся в простых текстовых файлах XML. Несжатое содержимое подобных файлов данных имеет возможность последующей лёгкой модификации и обработки.

Стандарт также позволяет создать единый документ XML, который использует в качестве корневого элемента тег `<office: document>`.

Дополнительно стандарт ODF позволяет включать каталоги для хранения изображений, анимации *non-SMIL* и другие файлы, которые используются документом, но не могут быть выражены непосредственно в формате XML.

Из-за используемого открытого формата сжатия, пользователь может извлечь нужный файл контейнера данных для ручного его редактирования. Это позволяет восстанавливать повреждённый файл или использовать низкоуровневое функциональное манипулирование его содержимым.

Общая структура набора файлов и каталогов пакета ZIP приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 — Общая структура пакета ZIP стандарта OpenDocument Format

Каталог	Файл	Назначение
Корневой для ZIP	content.xml	Фактическое содержимое документа.
	meta.xml	Метаданные файла, содержащие статистику документа.
	settings.xml	Различные параметры документа, такие как коэффициент масштабирования или положение курсора. Эти свойства не являются содержимым или макетом документа.
	styles.xml	Информацию об используемых стилях документа.
Корневой для ZIP	mimetype	<i>Однотрочный файл с типом документа.</i> Одним из следствий этого является то, что расширение файла фактически несущественно для формата. Расширение файла доступно только пользователю.
META-INF	manifest.xml	Файл манифеста документа.
Thumbnails	thumbnail.png	Эскиз первой страницы в формате файла .png
Pictures	*.png, *.svg	Файлы изображений.

В структуре формата OpenDocument имеется строгое разделение между *контентом*, *макетом* и *метаданными*. Дополнительно, файлы в формате XML определяются с использованием языка RELAX NG, который используется для определения схем XML. Сам язык RELAX NG определяется спецификацией OASIS, а также второй частью международного стандарта ISO/IEC 19757: «Языки определения схемы документа (DSDL)». Рассмотрим более подробно структуру и значимые компоненты этого формата, приведённые в таблице 4.4.

content.xml — самый важный файл указанной структуры, включающий фактическое содержимое документа ODF, за исключением двоичных данных, например, изображений. Базовый формат содержимого этого файла XML опирается на синтаксис языка HTML, что можно показать следующим фрагментом:

```
<text:h style-name="Heading_2">This is a title</text:h>
```

```

<text:p style-name="Text_body"/>
<text:p style-name="Text_body">
  This is a paragraph. The formatting information is
  in the Text_body style. The empty text:p tag above
  is a blank paragraph (an empty line).
</text:p>

```

Нетрудно догадаться, что тег `<text:h>` указывает на печать заголовка текста с размером шрифта, определяемым атрибутом "Heading_2". Далее, тег `<text:p>` определяет пустой абзац (параграф) текста, а затем, аналогичный тег применяется к тексту, поясняющему использование самого тега `<text:p>`.

styles.xml — файл, содержащий информацию о стилях файла OpenDocument, строго используемых для его форматирования и компоновки. Большая часть информации о стилях находится в этом файле, хотя некоторые из них находятся в файле *content.xml*.

Формат OpenDocument требует обязательное использование стилей для всех элементов форматирования. Даже «ручное» форматирование реализуется через стили и приложения (текстовые или графические процессоры) динамически создают новые стили по мере необходимости, причём сами типы стилей включают:

- а) paragraph styles — стили параграфов;
- б) page styles — стили страниц;
- в) character styles — стили символов;
- г) frame styles — стили фрагментов;
- д) list styles — стили списков.

meta.xml — файл, содержащий метаданные о параметрах и характеристиках файла ODF. К ним относятся: автор, последнее изменение, дата последней модификации и другие. Образец метаданных выглядит примерно так:

```

<meta:creation-date>2003-09-10T15:31:11</meta:creation-date>
<dc:creator>Daniel Carrera</dc:creator>
<dc:date>2005-06-29T22:02:06</dc:date>
<dc:language>es-ES</dc:language>
<meta:document-statistic
  table-count="6" object-count="0"
  page-count="59" paragraph-count="676"
  image-count="2" word-count="16701"
  character-count="98757"/>

```

Обратите внимание, что имена тегов `<dc: ...>` относятся к стандарту Dublin Core XML.

Dublin Core XML (Дублинское ядро) — семантическая сеть основных понятий английского языка, предназначенная для унификации метаданных для описания широчайшего диапазона ресурсов сети Интернет.

С 2005 года эта сеть (словарь) представлен и в формате RDF (*Resource Description Framework*), который является популярной основой для описания ресурсов в «Семантической паутине» (*Semantic Web*).

С июля 2011 года, в России действует стандарт ГОСТ Р 7.0.10-2010 (ранее ISO/IEC 15836:2003): «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Набор элементов метаданных «Дублинское ядро». Простейший набор этих метаданных включает в себя следующие 15 элементов:

1. Title — название;
2. Creator — создатель;
3. Subject — тема;
4. Description — описание;
5. Publisher — издатель;
6. Contributor — внёсший вклад;
7. Date — дата;
8. Type — тип;
9. Format — формат документа;
10. Identifier — идентификатор;
11. Source — источник;
12. Language — язык;
13. Relation — отношения;
14. Coverage — покрытие;
15. Rights — авторские права.

settings.xml — файл параметров, включающий такие элементы, как коэффициент масштабирования или положение курсора. Другими словами — свойства, которые не являются содержимым или макетом документа.

mimetype — однострочный файл с типом документа, согласно обозначениям типов MIME, приведённых в таблице 4.2. Таким образом, расширение файла доступно только пользователю и не является фактическим обозначением формата файла ODF.

thumbnail.png — файл миниатюры документа, сгенерированный по умолчанию при сохранении файла документа. Это должно быть представление первой страницы, первого листа документа. Требуемый размер для эскиза (миниатюры) документа — 128x128 пикселей. Согласно стандарту управления эскизами *TMS (Transportation Management Systems)*, размещённому на сайте www.freedesktop.org, миниатюры должны быть сохранены как 8-битное, не чересстрочное PNG-изображение с полной альфа-прозрачностью.

manifest.xml — информация о всех файлах, содержащихся в пакете OpenDocument. Файл манифеста всегда хранится в каталоге *META-INF* и содержит:

- а) список всех файлов в пакете;
- б) тип медиафайла каждого файла в пакете;
- в) информация, необходимая для дешифрования файла, если файл, хранящийся в пакете — зашифрован.

Pictures - отдельная директория для изображений, включённых в документ. Хотя эта директория не определена в спецификации OpenDocument, файлы этого каталога могут использовать различные форматы изображений, в зависимости от формата вставленного файла.

Примечание — Хотя упомянутые изображения могут иметь произвольный формат, рекомендуется, чтобы растровая графика хранилась в формате PNG, а векторная графика — в формате SVG.

Как часто бывает, различные инструментальные системы включают или позволяют включать в создаваемые структуры документов различные дополнительные файлы или каталоги. Например, система LibreOffice включает каталог *Configurations2*, который содержит ещё множество подкаталогов: *accelerator*, *floater*, *images*, *menubar*, *popupmenu*, *progressbar*, *statusbar*, *toolbar* и *toolbarpanel*. Стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 26300—2010 [74] не описывает их назначение и содержание. Возможно они предназначены для будущих расширений инструментальных средств пакета LibreOffice.

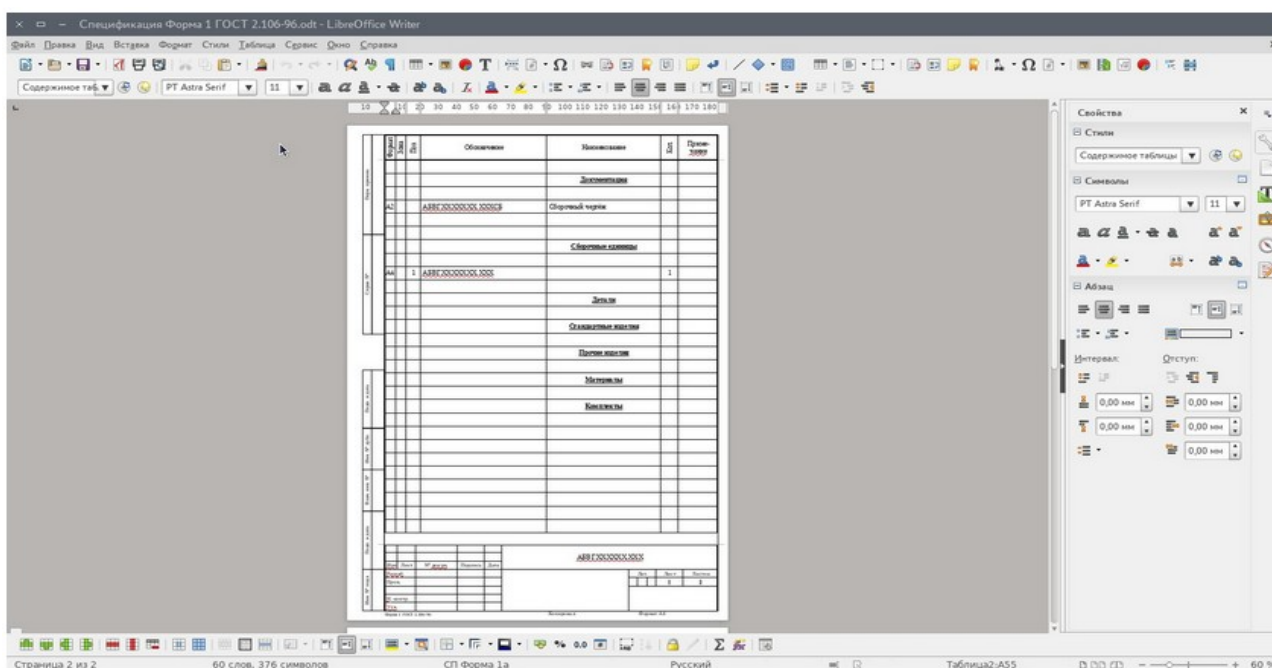
Примечание — Завершая краткое рассмотрение общей архитектуры формата файлов ODF, необходимо обсудить практическую ценность полученных знаний.

Проектная и технологическая деятельность различных предприятий и организаций развивается во времени. Сегодня многие пользователи компьютеров имеют большой цифровой контент, созданный много лет назад и хранящийся в старых, устаревших и проприетарных форматах документов. В результате многие старые файлы документов не могут быть открыты никакими приложениями в текущей операционной системе пользователя. Другими словами, конечные пользователи ЭВМ не имеют доступа к собственному контенту.

Примечание — Указанная выше ситуация является следствием интенсивного развития средств вычислительной техники и используемого в ней соответствующего программного обеспечения (ПО). Фактически прогресс в технологиях создаёт свои собственные проблемы, которые могут быть разрешены только консервацией развития стандартов и выделение наиболее надёжных из них для дальнейшего использования.

Сделанный выше вывод позволяет обратить особое внимание на описанный выше стандарт OpenDocument Format (ODF), как на наиболее перспективное средство в плане хранения и распространения проектной документации. Наличие развитых средств преобразования формата ODF в формат PDF делает указанный вывод ещё более аргументированным, а, в качестве подтверждения, обратимся к конкретным примерам.

Например, на сайте с названием «LibreOffice. Шаблоны документов по ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Текстовые документы.», доступном по адресу: <https://nixtux.ru/151>, можно найти и скачать множество документов в формате *.odt*. Так на рисунке 4.8 показан первый предлагаемый документ, соответствующий конструкторской спецификации по форме 1.



Спецификация Форма 1 ГОСТ 2.106-96

Рисунок 4.8 — Предлагаемый для скачивания шаблон конструкторской спецификации

На рисунке 4.9 представлено запущенное в среде LibreOffice Writer изображение первого листа предлагаемой формы для пояснительной записки.

набор модулей языка Java, разрабатываемый Apache Foundation под общим названием ODF Toolkit.

4.3.2 Инструментальные средства приложения LibreOffice Draw

Кажущаяся простота оформления конструкторской документации, показанная на рисунках 4.8 и 4.9, является обманчивой. Проблема состоит в том, что ГОСТ 2.304-81 требует использования специальных чертёжных шрифтов, которые применяются как для «Основной надписи», так и в обозначениях самих чертежей. Чтобы более наглядней показать заявленную проблематику, следует обратиться к учебникам по инженерной графике, например, [75] или [76].

В целом для надписей используются наклонные под 75 градусов чертёжные шрифты, содержащие множество параметров, показанных на рисунке 4.10.

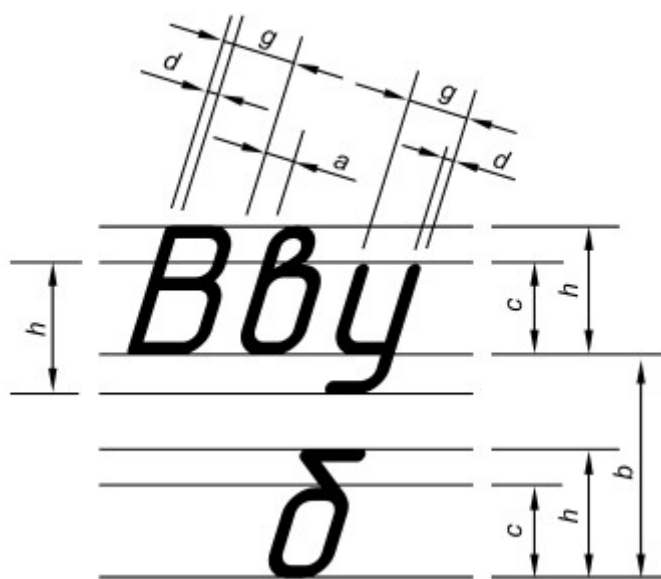


Рисунок 4.10 — Обозначение параметров чертёжных шрифтов [76]

Кроме того, шрифты разделяются на два вида, в зависимости от толщины линий. Соответственно, в таблице 4.5 представлены размеры параметров шрифтов типа *А*, а в таблице 4.6 — шрифтов типа *Б*.

Далее, на рисунках 4.11 — 4.13 показаны размеры и примеры заполнения основных надписей для первых и последующих листов чертежей, схем и тестовой документации.

Завершает цитируемую демонстрацию таблица 4.7, на которой представлены размеры шрифтов и вид букв для заполнения граф основных надписей.

Примечание — Таким образом, прямое изготовление и последующее применение множества различных шаблонов конструкторской и технологической документации средствами инструментальной системы LibreOffice не выглядит перспективным занятием. Возможно основные и дополнительные надписи имеет смысл изготавливать в виде рисунков и, в последующем, добавлять отдельные поля или врезки, уточняющие изменения в документах.

Рассмотрим инструментальные возможности системы LibreOffice Draw.

Таблица 4.5 — Размеры параметров шрифтов типа А [76]

Параметр	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм				
			2.5	3.5	5.0	7.0	10.0
Размер шрифта — высота прописных букв	h	$(14/14)h$ $14d$	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0
Высота строчных букв	c	$(10/14)h$ $10d$	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0
Расстояние между буквами	a	$(2/14)h$ $2d$	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4
Минимальное расстояние между основаниями строк	b	$(22/14)h$ $22d$	4.0	5.5	8.0	11.0	16.0
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/14)h$ $6d$	1.1	1.5	2.1	3.0	4.2
Толщина линий шрифта	d	$(1/14)h$ d	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7

Таблица 4.6 — Размеры параметров шрифтов типа Б [76]

Параметр	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм				
			1.8	2.5	3.5	7.0	10.0
Размер шрифта — высота прописных букв	h	$(10/10)h$ $10d$	1.8	2.5	3.5	7.0	10.0
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$ $7d$	1.3	1.8	2.5	5.0	7.0
Расстояние между буквами	a	$(2/10)h$ $2d$	0.35	0.5	0.7	1.4	2.0
Минимальное расстояние между основаниями строк	b	$(17/10)h$ $17d$	3.1	4.3	6.0	12.0	17.0
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/10)h$ $6d$	1.1	1.5	2.1	4.2	6.0
Толщина линий шрифта	d	$(1/10)h$ d	0.18	0.25	0.35	0.7	1.0

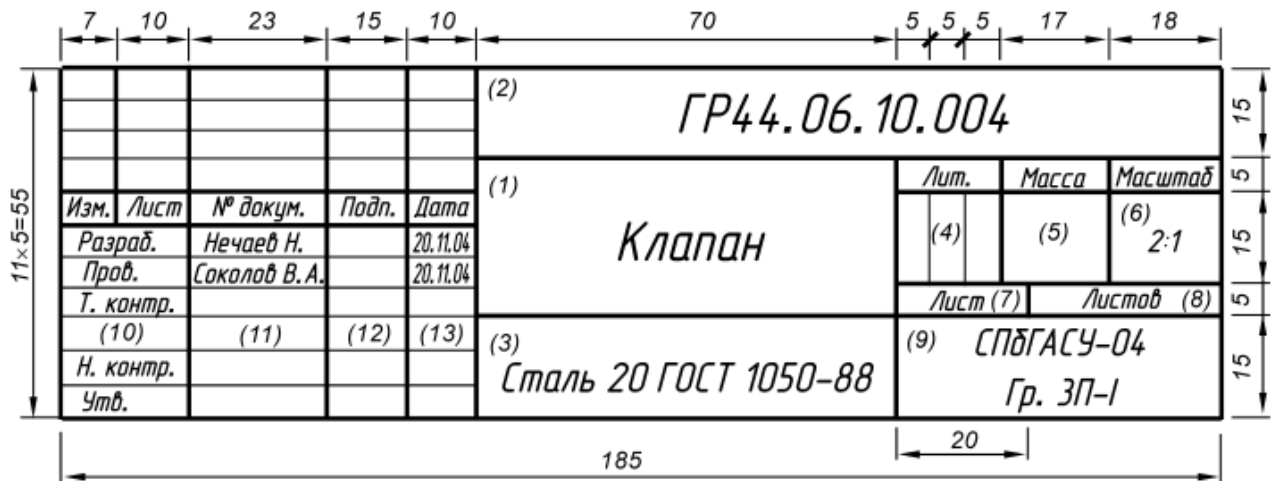


Рисунок 4.11 — Основная надпись для первого листа чертежей и схем [76]

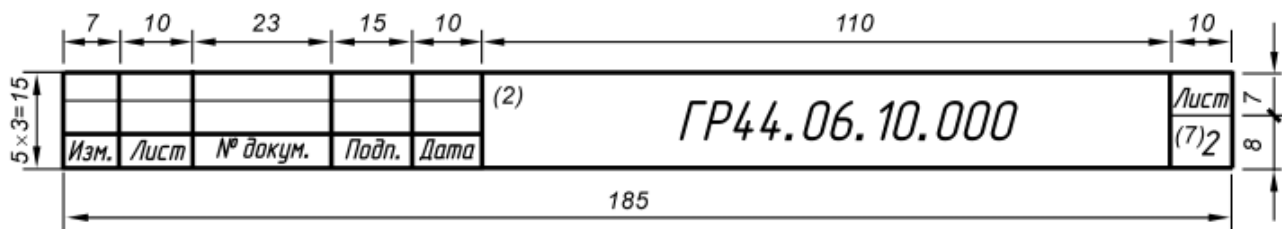


Рисунок 4.12 — Основная надпись для последующих листов чертежей, схем и текстовой документации [76]

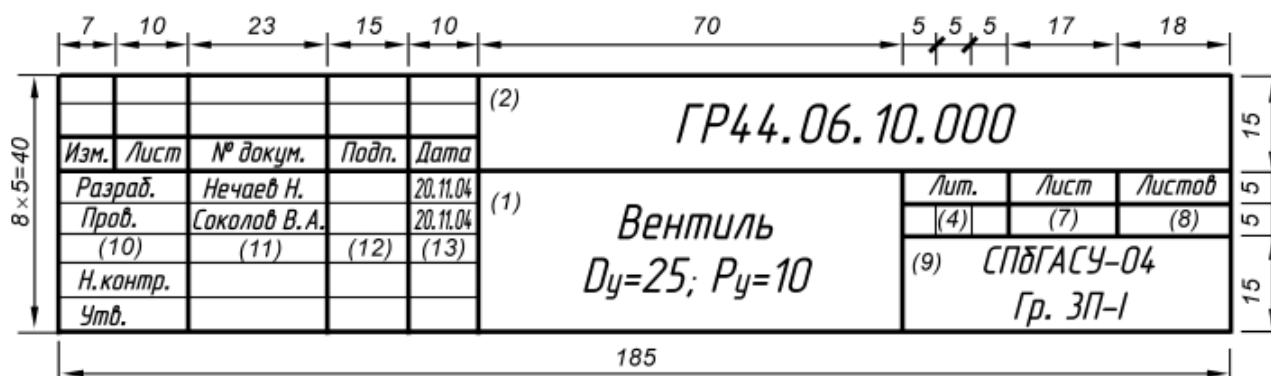


Рисунок 4.13 — Основная надпись для первого листа текстовой документации [76]

Таблица 4.7 — Размеры шрифта и вид букв для заполнения граф основных надписей [76]

Графа	Размер шрифта	Вид букв	Примечание
1	7	Строчные	Для наименования документов — шрифт 5
2		Прописные	
3	5	Строчные и прописные	
4		Прописные	
5 и 6	3.5	—	
7 и 8		—	
9	5	Строчные и прописные	В верхней строке
	3.5		В нижней строке
Остальные	3.5	Строчные	

Назначение системы LibreOffice Draw — предоставление пользователям инструментальных средств для рисования векторных графических объектов, над которыми также можно выполнять некоторые операции предназначенные для растровых изображений. В частности, с помощью LibreOffice Draw можно создавать рисунки основных надписей, показанных на рисунках 4.11 — 4.13, копировать их в файлы или буфер памяти, а затем вставлять в виде файлов формата PNG в другие документы. При необходимости файлы формата ODG можно преобразовывать в файлы формата PDF и распространять между заинтересованными лицами.

В целом инструментальные средства LibreOffice Draw хорошо описаны в различных источниках, раскрывающих методические приёмы работы с этой системой, например, [56], [77] и [78]. Имеется множество публикаций в сети Интернет, раскрывающие различные прикладные аспекты использования LibreOffice Draw и подробные инструкции по их реализации. В любом случае все имеющиеся рекомендации демонстрируют сложность самого инструментального средства и требование хорошей профессиональной подготовки для использования этих средств.

В плане тематики данной дисциплины, любой конструкторский или технологический документ, например, чертёж имеет две составляющие:

- набор графических изображений детали или сборочной единицы;
- набор изображений основных и дополнительных надписей и реквизитная часть документа, представленная текстовыми полями.

Если первая часть реализуемых документов напрямую опирается на инструментальные возможности графического редактора и профессиональные навыки проектировщика по изображению изделий, то вторая, реквизитная часть, содержит набор общих информационных объектов, которые регламентируются различными стандартами и контролируется как приемлемое качество реализации проектной продукции.

Примечание — LibreOffice Draw, как и другие инструменты этой системы, обеспечивает создание и хранение в документах реквизитной информации об изделии, которая может быть использована для автоматической обработки её другими внешними инструментами САПР или других средств автоматизации.

Рассмотрим свойства произвольного документа LibreOffice Draw, которые доступны из главного меню по адресу: **Файл — Свойства...**, что показано на рисунке 4.14.

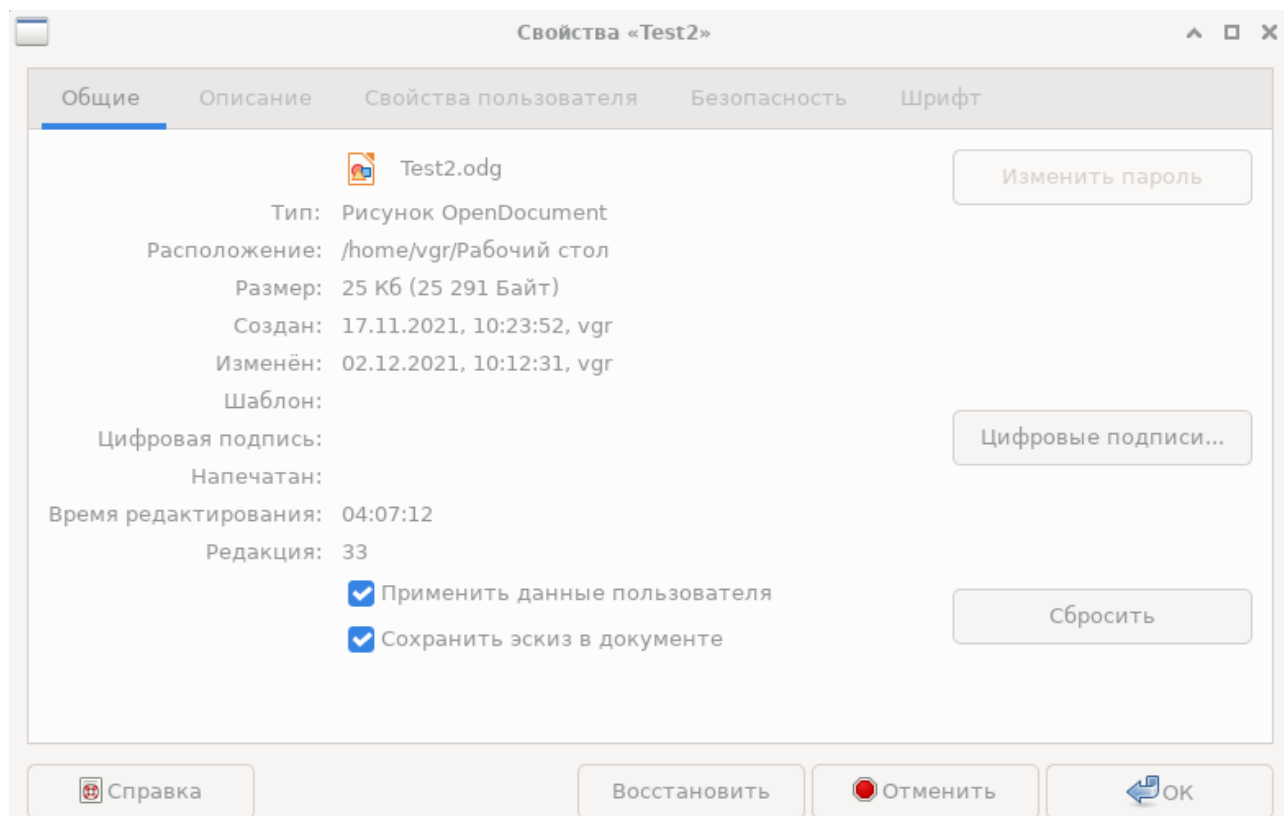


Рисунок 4.14 — Окно свойств файла Test2.odg

Окно «Свойства» имеет пять закладок, которые обеспечивают создание или редактирование различных общих данных конкретного файла. На рисунке 4.14 открыта вкладка «Общие», что показывает данные об авторе, расположении файла, времени создания и изменения. Здесь также можно подписать документ, и с помощью флагов уточнить сохранение указанных свойств в структуре документа в виде метаданных. Нас в этом инструменте интересует возможность сохранения произвольных данных, характеризующих дополнительную (пользовательскую) информацию.

Использование кнопки «Справка» обеспечивает вывод окна помощи, показанного на рисунке 4.15, которое рекомендует перейти на вкладку «Свойства пользователя» и ввести их в интерактивном режиме.

На рисунке 4.16 показано добавление двух текстовых свойств с именами «Свойство1» и «Свойство2» в тестовый файл **Test2.odg**. После сохранения результата, указанные свойства должны быть отражены как метаданные во внутренней структуре файла.

Чтобы убедиться в полученном результате:

- а) перенесём файл **Test2.odg** в отдельный каталог, например, **/home/vgr/src/odg**;
- б) распакуем этот файл командой: **unzip Test2.odg**.

Согласно общим правилам структуры файлов проекта LibreOffice, введённые нами свойства должны содержаться в файле **meta.xml**.

Пользовательские свойства

Позволяет назначать вашему документу пользовательские поля сведений.

Доступ к этой команде

Choose **File - Properties - Custom Properties** tab.

Свойства

Введите выбранное вами содержимое. Вы можете менять имя, тип и содержимое каждой строки. Вы можете добавлять или удалять строки. Элементы будут экспортированы в виде метаданных в другие форматы файлов.

Добавить

Нажмите, чтобы добавить новую строку в список Свойства.

Рисунок 4.15 — Окно помощи для вкладки «Пользовательские свойства»

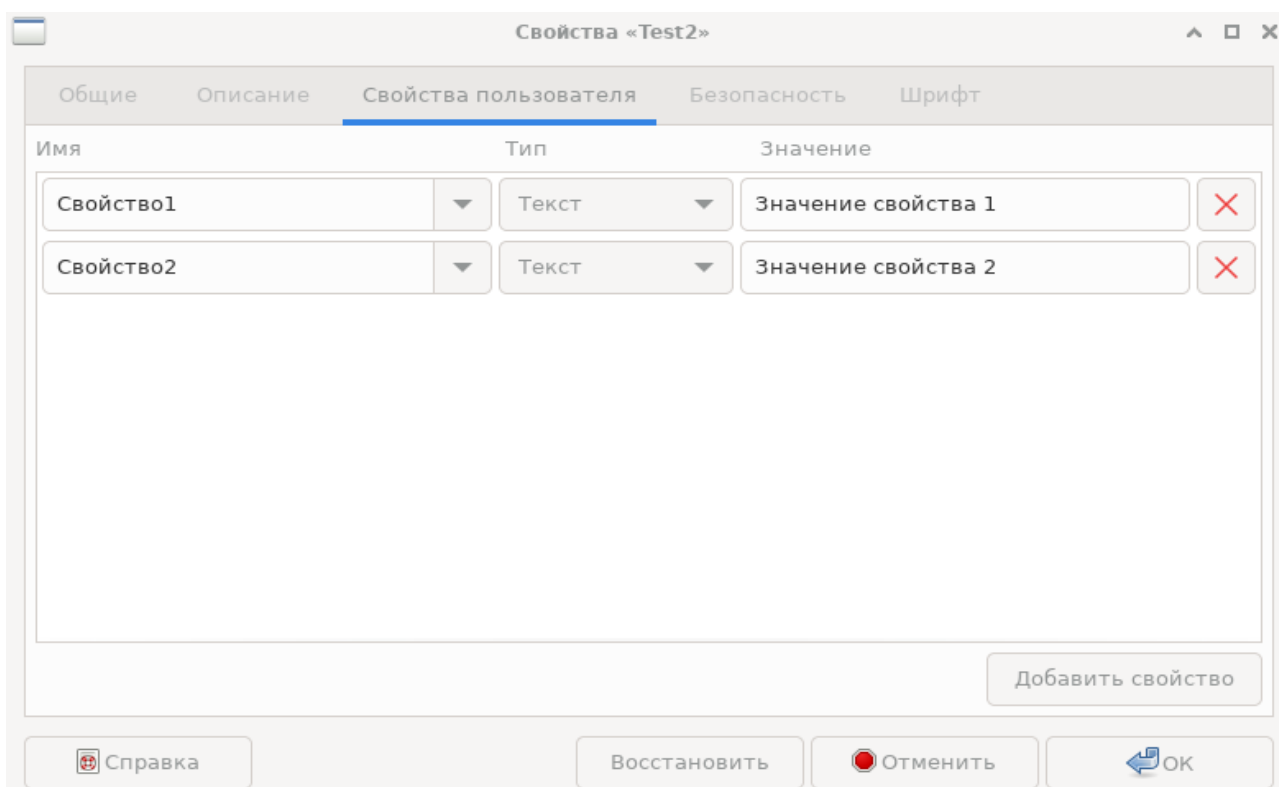


Рисунок 4.16 — Дополнительные свойства добавленные в файл Test2.odg

Для просмотра содержимого файла *meta.xml* воспользуемся браузером Firefox. На рисунке 4.17 представлен результат такого просмотра:

- для пользовательских данных используется тег `<meta:user-defined>`;
- имя свойства указывается как `meta:name`;
- значения свойств передаются как значения самого тега.

Дополнительно заметим, что кроме текстовых данных можно использовать типы даты, длительности, числа и логики.

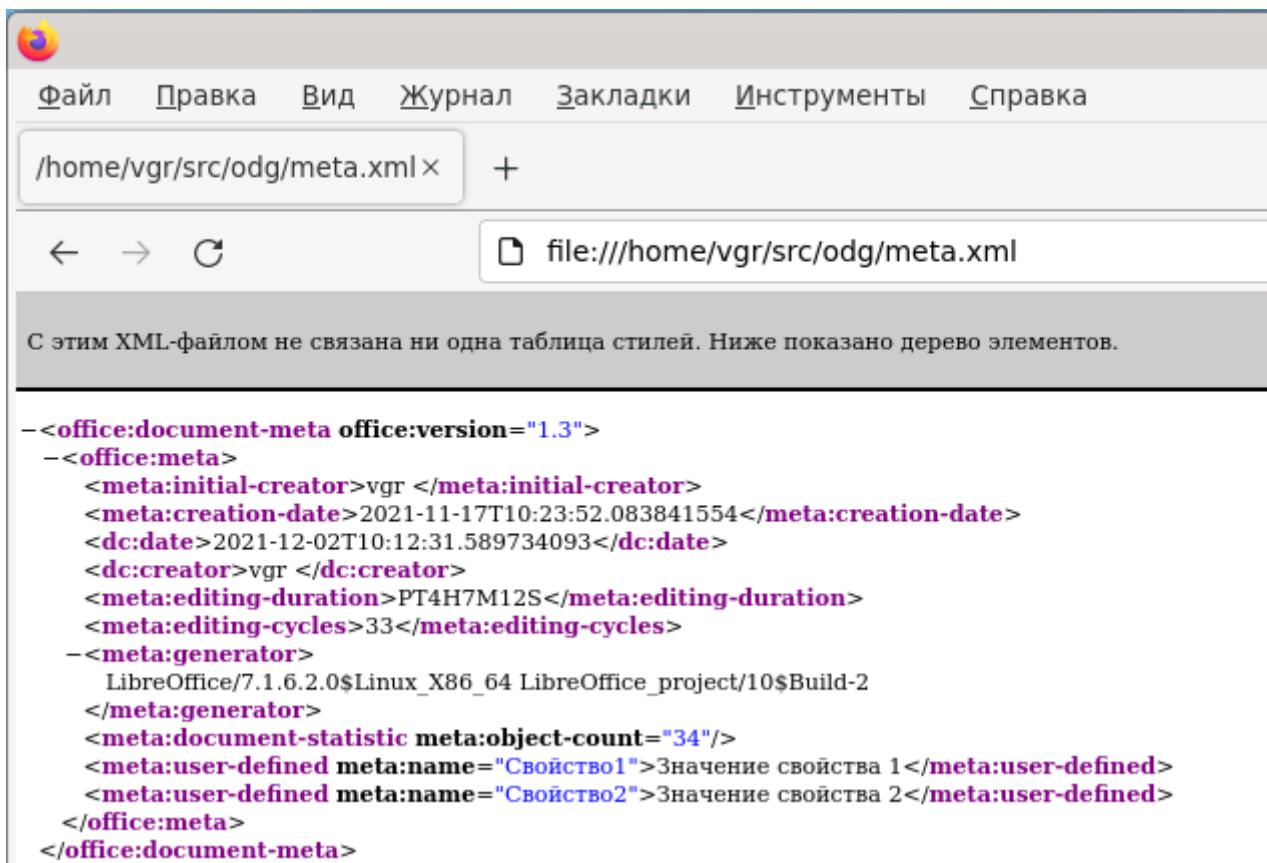


Рисунок 4.17 — Просмотр содержимого файла Test2.odg в браузере Firefox

Возникает естественный вопрос о возможности использования введённых пользователем макроопределений свойств документа формата ODG. Очевидно, что метаданные доступны для инструментов, способных получать доступ к файлу *meta.xml* и извлекать нужные определения. Что касается системы LibreOffice, то:

- а) инструмент *Draw* способен только устанавливать пользовательские свойства;
- б) инструмент *Writer* способен как устанавливать пользовательские свойства, так и отображать их значения в виде вставленных в текст полей.

Завершая данный пункт обсуждения инструмента LibreOffice Draw, отметим, что:

- а) прямая вставка страниц этого документа, например, в систему Writer — вполне возможна, но через фрейм буфер;
- б) основной эффект от использования LibreOffice Draw — создание рисунков (схем, чертежей) и вставка их в систему Writer или сохранение в файловой системе ЭВМ.

4.3.3 Инструментальные средства проекта ODF Toolkit

Примечание — Рассматривая функциональные возможности пакета LibreOffice, следует обратить внимание на общую проблему всех сложных систем — все увеличивающаяся доля ручного труда, связанная с созданием целевого продукта.

Действительно, несмотря на всё увеличивающуюся функциональность инструментальных средств не удаётся уменьшить долю ручного труда даже для простых по структуре документов. Если ещё добавить требования различных стандартов, то ситуация оказывается ещё более драматической, поскольку постоянно приходится повторять многие рутинные опе-

рации или вводить множество дополнительных параметров, описывающих особенности размещения различных структурных элементов.

С целью противодействия указанной проблеме был создан *Document Liberation Project*, чтобы дать возможность отдельным лицам, организациям и правительствам органам восстанавливать свои данные из закрытых форматов и предоставить механизм для перевода этих данных в открытые и стандартизированные форматы файлов. Для этого, в рамках проекта *Document Liberation Project* разрабатываются программные библиотеки, которые могут использоваться различными приложениями для чтения данных в проприетарных форматах. Одной из таких разработок являются инструментальные средства проекта *ODF Toolkit*, с которым можно ознакомиться на сайте: <https://odftoolkit.org/>.

ODF Toolkit — это набор модулей Java, которые позволяют программно создавать, сканировать и управлять документами в формате открытого документа ISO/IEC 26300 ODF.

В отличие от других подходов, которые полагаются на манипулирование «тяжёлыми» редакторами во время выполнения через интерфейс автоматизации, ODF Toolkit является лёгким и идеальным средством для использования на сервере. Фактически ODF Toolkit хорошо подходит для реализации обработки документов на основе методик сервис-ориентированных технологий.

ODF Toolkit содержит следующие четыре компонента:

1. **Программный доступ к ODF** обеспечивается компонентом ODFDOM. В версии 0.10.0 были добавлены основы функциональности совместной работы — концепция изменения/операции.
2. **ODF-валидация** может быть протестирован с помощью ODF Validator. Предлагается как инструмент командной строки в виде исполняемого файла JAR или как серверный компонент — в виде архива веб-приложений WAR.
3. **XSL трансформация** загружаемого ODF XML из файла ZIP ODF с помощью *ODF XSLT Runner*. Эта функциональность также доступна в *ANT*.
4. **Создание программных артефактов** из грамматики ODF посредством использования генератора.

Основным проектом ODF Toolkit является компонент ODFDOM.

Цель проекта ODFDOM — предоставить простой API для чтения, записи и управления документами формата OpenDocument (ODF).

ODFDOM API имеет многоуровневую архитектуру представленную на рисунке 4.18. и описанную на сайте <https://odftoolkit.org/api/odfdom/index.html>.

ODF Package Layer обеспечивает доступ ко всем ресурсам, хранящимся в пакете ODF, таким как потоки XML, изображения или встроенные объекты, описанные ранее в пункте 4.3.1.

ODF Package API охватывает все функции из третьей части спецификации ODF 1.2, определяющей функции пакета ODF. Функции пакета ODF 1.2 основаны на таких передовых технологиях, как обработка пакетов ZIP, шифрование W3C, подпись W3C и метаданные W3C. Все доступные классы и методы уровня пакета организованы и доступны согласно доменному пути *org.odftoolkit.odfdom.pkg.**.

ODF XML Layer обеспечивает все функции офисного формата, такие как таблицы, изображения, нумерацию и другие. Все функции определены в первой части спецификации ODF 1.2, описывающей схему ODF XML. Этот уровень состоит из двух API-интерфейсов, представляющих два разных представления о функциях.

ODF DOM API предоставляет доступ к XML, элементарным частям функций схемы ODF. С помощью этого API легко управлять всеми указанными узлами XML, расширяя платформу и независимый от языка DOM API.

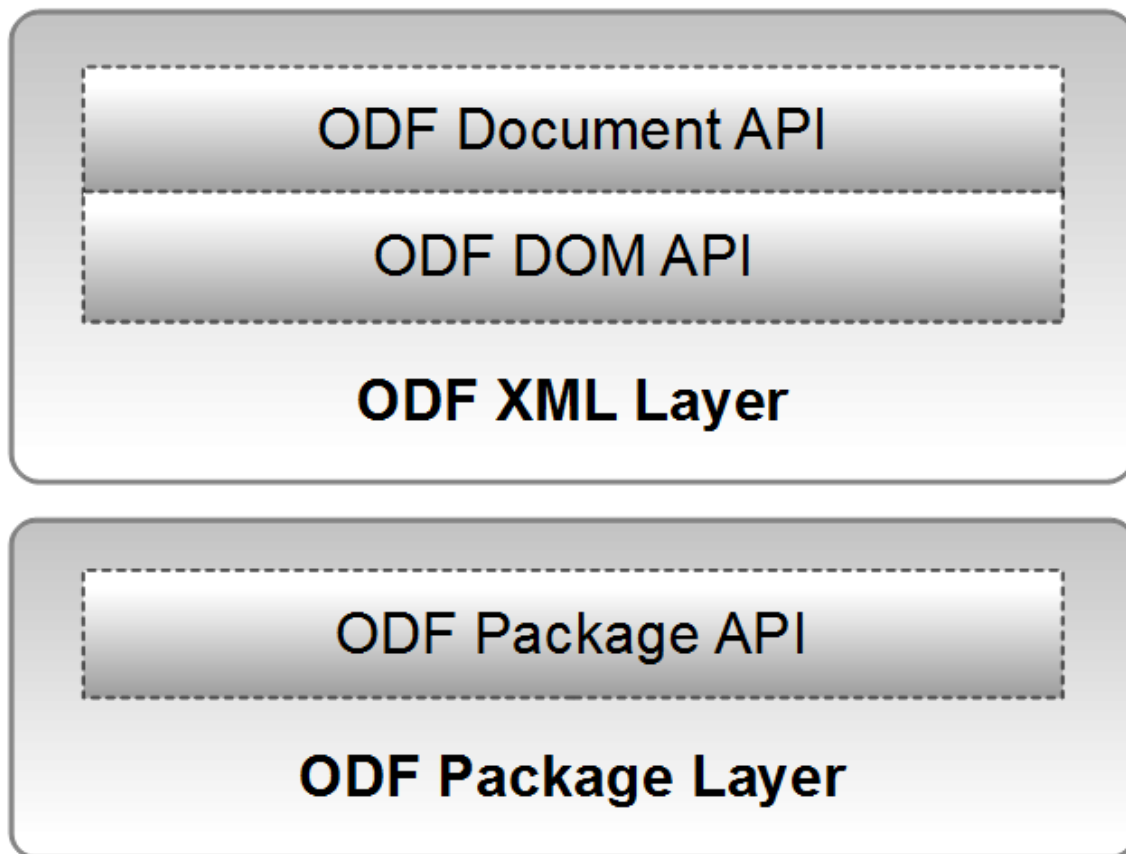


Рисунок 4.18 — Многоуровневая архитектура компонента ODFDOM

DOM API — стандартизованный W3C API, наиболее известный благодаря своей реализации через браузеры. Он расширяет DOM API с помощью типизированной DOM. Для каждого элемента ODF XML и атрибута ODF XML, определённого грамматикой ODF (схемой RelaxNG), существует уникальный класс, предоставляющий методы для их разрешённых потомков. Цель состоит в том, чтобы предоставить пользователю "корсет", позволяющий легко писать допустимый ODF без постоянного обращения к спецификации. Этот API очень согласован, поскольку вместо того, чтобы кропотливо писать все эти классы, исходники создавались непосредственно из схемы ODF. Это поколение гарантирует полное покрытие спецификации ODF с одной стороны и простое и точное обновление до будущих спецификаций ODF с другой.

ODF Document API предоставляет другое, гораздо более высокоуровневое представление о функциях схемы ODF. Этот API предназначен для удобства использования, скрывая от пользователя все детали реализации ODF XML и покрывая частые пользовательские сценарии.

В соответствии с соглашением об именах, все источники уровня функциональности документа ODF организованы в пакете *org.odftoolkit.odfdom.doc.**, причём имя класса документа в целом аналогично корневому элементу слоя XML.

Таким образом, инструментальные средства ODF Toolkit предоставляют дополнительные возможности по автоматизации обработки документов формата ODF.

На этом пункте мы заканчиваем изучение темы «Форматы электронных документов». Краткий анализ этого предмета изучения позволит более полно ориентироваться в инструментальных средствах работы с конструкторскими и технологическими документами.

Вопросы для самопроверки

1. Какие две проблемы автоматизации проектных работ связаны с подготовкой конструкторской и технологической документацией?
2. Какие базовые форматы файлов использует компания Autodesk в системе AutoCAD?
3. Для каких целей была создана некоммерческая организация ODA?
4. Какой базовый формат файлов используется в САПР КОМПАС?
5. На каком геометрическом ядре реализована САПР КОМПАС?
6. На каком процедурном языке разметки страниц основан формат PDF?
7. Что такое — виртуальный принтер?
8. Для чего предназначена библиотека Poppler?
9. Какое инструментальное средство, основанное на языке Java, предназначено для обработки файлов PDF?
10. Какой набор утилит ОС Linux предназначен для работы с форматом PDF?
11. Какой основной инструмент ОС предназначен для работы с файлами формата ODF?
12. Какой ГОСТ предназначен для описания формата ODF?
13. Что структурно представляет собой формат ODF?
14. Что такое - «Дублинское ядро»?
15. Какие инструментальные средства на языке Java предназначены для работы с файлами формата ODF?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корячко, В. П. Теоретические основы САПР : учебник для вузов / В. П. Корячко, В. М. Курейчик, И. П. Норенков ; рец. Е. Л. Глориозов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 398 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 37 экз.)
2. Жигалова Е. Ф. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования : учебное пособие / Е.Ф. Жигалова. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2016. – 201 с.
3. Овсянников, В.Е. Основы проектирования и конструирования машин: Учебное пособие / В.Е. Овсянников, Г.Н. Шпитко – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 75 с.
4. Петухов, А.В. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов: учебное пособие / А.В.Петухов, Д.В.Мельников, В.М. Быстренков; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос.техн. ун-т им. П.О Сухого, 2011. – 144 с.
5. Вотинова, Е. Б. Основы технологической подготовки производства : учеб. пособие / Е. Б. Вотинова, М. П. Шалимов, А. М. Фивейский. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 168 с.
6. ГОСТ 1.0-2015. Межгосударственная система стандартизации. Основные положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 10 декабря 2015 г. №48) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 декабря 2015 г. № 2156-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 1.0—2015 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2016 г. : взамен ГОСТ 1.0—92. - М.: Стандартинформ, 2016. — 11 с.
7. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 августа 2013 г. № 58-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1628-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.001—2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2014 г. : взамен ГОСТ 2.001—93. - М.: Стандартинформ, 2018. — 9 с.
8. ГОСТ 2.102-2013. Виды и комплектность конструкторских изделий : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 27 сентября 2013 г. № 59-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1627-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.102—2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2014 г. : взамен ГОСТ 2.102—68. - М.: Стандартинформ, 2014. — 16 с.
9. ГОСТ 2.051-2013. Электронные документы. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 ав-

- густа 2013 г. №58-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1628-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.051—2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2014 г. : взамен ГОСТ2.051—2006. - М.: Стандартиформ, 2014. — 12 с.
10. ГОСТ 2.052-2021. Электронная модель изделия. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 января 2021 г. № 136-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 апреля 2021 г. № 230-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.052—2021 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 августа 2021 г. : взамен ГОСТ 2.052—2015. - М.: Стандартиформ, 2021. — 15 с.
 11. ГОСТ 2.053-2013. Электронная структура изделия. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 августа 2013 г. № 58-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1628-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.053—2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2014 г. : взамен ГОСТ 2.053—2006. - М.: Стандартиформ, 2013. — 12 с.
 12. ГОСТ 2.058-2013. Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 июня 2016 г. № 49) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 августа 2016 г. № 976-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.058—2016 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2017 г. : введён впервые. - М.: Стандартиформ, 2016. — 14 с.
 13. ГОСТ 2.301-68. Форматы : изменение №3 принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке (протокол № 23 от 28 февраля 2006 г.) : утверждён Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 28 мая 1968 г. № 751 : взамен ГОСТ 3450–60. - М.: Стандартиформ, 2007. — 5 с.
 14. ГОСТ 2.104-2006. Основные надписи : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 23 от 28 февраля 2006 г.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июня 2006 г. № 118-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.104–2006 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 сентября 2006 г. : взамен ГОСТ 2.104–68. - М.: Стандартиформ, 2006. — 18 с.
 15. ГОСТ 2.201-80. Обозначение изделий и конструкторских документов : принят Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 21 марта 1980 г. № 1274 срок введения установлен с 01.01.84. - М.: Издательство стандартов, 1988. — 19 с.

16. ГОСТ 2.103-2013. Стадии разработки : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44, приложение № 24 доп.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. № 1794-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.103–2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 июля 2015 г. : взамен ГОСТ 2.103–68. - М.: Стандартиформ, 2015. — 8 с.
17. ГОСТ 3.1001-2011. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 12 мая 2011 г. № 39) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2011 г. №212-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 3.1001—2011 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2012 г. : взамен ГОСТ 3.1001–81. - М.: Стандартиформ, 2011. — 11 с.
18. ГОСТ 3.1109-82. Термины и определения основных понятий : принят Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 июля 1982 г. № 2988 дата введения установлена 01.01.83 : взамен ГОСТ 3.1109–73. - М.: Стандартиформ, 2012. — 15 с.
19. ГОСТ 3.1102-2011. Стадии разработки и виды документов. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 39 от 12 мая 2011 г.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2011 г. № 212-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 3.1102—2011 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2012 г. : взамен ГОСТ 3.1102–81. - М.: Стандартиформ, 2011. — 12 с.
20. ГОСТ 3.1103-2011. Основные надписи. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 39 от 12 мая 2011 г.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2011 г. № 212-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 3.1103—2011 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2012 г. : взамен ГОСТ 3.1103–82. - М.: Стандартиформ, 2011. — 24 с.
21. ГОСТ 3.1118-82. Формы и правила оформления маршрутных карт : принят Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. № 5311 дата введения установлена 01.01.84. - М.: Стандартиформ, 2012. — 23 с.
22. ГОСТ 3.1404-86. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием : утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28 марта 1986 г. № 819 : взамен ГОСТ 3.1404-74. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 60 с.
23. ГОСТ 3.1105-2011. Формы и правила оформления документов общего назначения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 39 от 12 мая 2011 г.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2011 г. № 212-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 3.1105—2011 введён в действие в качестве национального стандарта Рос-

- сийской Федерации с 1 января 2012 г. : взамен ГОСТ 3.1105–84. - М.: Стандартиформ, 2011. — 30 с.
24. ГОСТ 3.1201-85. Система обозначения технологической документации : принят Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 июня 1985 г. № 1882 : взамен ГОСТ 3.1201-74. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 11 с.
25. ГОСТ 14.001-73. Общие положения : принят Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 15 марта 1973 г. № 590 срок введения установлен 01.01.75 : завершение срока действия 01.07.1990.- М.: Издательство стандартов, 2084. — 9 с.
26. ГОСТ 14.004-83. Термины и определения основных понятий : принят Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров С С С Р от 15 марта 1973 г. № 590 срок введения установлен 01.07.83. - М.: Стандартиформ, 2009. — 9 с.
27. ГОСТ 7.55-99. Общие положения : принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 16-99 от 6-8 октября 1999 г.) : Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 16 февраля 2000 г. № 39-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 7.55-99 введён в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 января 2001 г. : взамен ГОСТ 7.55-89. - Минск: ИПК Издательство стандартов, 2000. — 7 с.
28. ГОСТ 7.0-99. Информационно-библиотечная деятельность. Термины и определения : принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 15-99 от 26-28 мая 1999 г.) : Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 7 октября 1999 г. № 334-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 7.0-99 введён в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 июля 2000 г. : взамен ГОСТ 7.0-84, ГОСТ 7.26-80. - Минск: ИПК Издательство стандартов, 1999. — 27 с.
29. ГОСТ 19.001-77. Общие положения : принят Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 20 мая 1977 г. № 1268 срок введения установлен с 01.01.1980 г. — 3 с.
30. ГОСТ 21.001-2013. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС)(протокол № 44 от 14 ноября 2013 г.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2013 г. № 2288-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 21.001— 2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г. : взамен ГОСТ 21.001— 93. - М.: Стандартиформ, 2014. — 11 с.
31. ГОСТ Р 21.101-2020. Основные требования к проектной и рабочей документации : УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2020 г. № 282-ст. : взамен Р 21.1101—2013. - М.: Стандартиформ, 2020. — 69 с.

32. ГОСТ 34.003-90. Автоматизированные системы. Термины и определения : дата введения 01.01.92. - М.: Стандартиформ, 2009. — 16 с.
33. Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. — М.: Советское радио, 1968. — 325 с.
34. Глушков, В.М. Синтез цифровых автоматов / В.М. Глушков. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 476 с.
35. Жукалина, И.В. Теория автоматов: методические указания к курсовому проекту для специальности 230101 / И.В. Жукалина. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. — 29 с.
36. Китов, А.И. Электронные вычислительные машины / А.И. Китов. - М.: Знание, 1958. — 34 с.
37. Глушков, В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. Изд. 2-у, испр. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 552 с.
38. Норенков, И.П. Автоматизированное проектирование: учебное пособие / И.П. Норенков. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 188 с.
39. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов / И.П. Норенков. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 336 с.
40. ГОСТ 34.601-90. Автоматизированные системы. Стадии создания : дата введения 01.01.92. - М.: Стандартиформ, 1990. — 9 с.
41. ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы : дата введения 01.01.90. - М.: Стандартиформ, 1989. — 21 с.
42. ГОСТ 19.102-77. Стадии разработки : введён Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 20 мая 1977 г. № 1268 срок действия установлен с 01.07.1978. - М.: Стандартиформ, 1977. — 2 с.
43. ГОСТ 19.201-78. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению : введён Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18 декабря 1978 г. № 3351 срок введения установлен с 01.07.1980. - М.: Стандартиформ, 1978. — 3 с.
44. ГОСТ 24.103-84. Автоматизированные системы управления. Основные положения : введён Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 марта 1984 г. № 973 срок введения установлен с 01.07.1985. - М.: Стандартиформ, 1978. — 3 с.
45. ГОСТ 22487-77. Проектирование автоматизированное. Термины и определения : введён Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27 апреля 1977 г. № 1059 срок введения установлен с 01.07.1978 г. - М.: Издательство стандартов, 1978. — 14 с.
46. ГОСТ 23501.9-80. Системы автоматизированного проектирования. Общие требования к автоматизированным банкам данных : введён Постановлением Государственного

- комитета СССР по стандартам от 6 мая 1980 г. № 2005 срок действия установлен с 01.07.81. - Москва: Издательство стандартов, 1980. — 8 с. (не действует)
47. ГОСТ 23501.101-87. Системы автоматизированного проектирования. Основные положения : дата введения 01.07.88. - М.: Издательство стандартов, 1988. — 11 с.
 48. ГОСТ 23501.108-85. Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначения : утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 июня 1985 г. № 1862 : взамен ГОСТ 23501.8-80: дата введения с 01.01.86. - М.: Издательство стандартов, 1985. — 16 с.
 49. Полешук, Н.Н. AutoCAD. Разработка приложений, настройка и адаптация / Н.Н. Полешук. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 992 с.
 50. Климачева, Т.М. AutoCAD 2010. Полный курс для профессионалов / Т.М. Климачева. М.: — Диалектика, 2010. — 1200 с.
 51. Полешук, Н. Н. AutoCAD 2016. Самоучитель / Н.Н. Полешук. — СПб.: БХВ-Петербург, 2016. — 464 с.
 52. Голованов, Н. Знакомьтесь — геометрическое ядро C3D / О. Зыков, Ю. Козулин, А. Максименко. — URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16067 (дата обращения: 14.08.2021).
 53. Протасова, С.В. T-FLEX CAD. Начальный курс : учебник / С.В. Протасова, С.В. Максимов. - Северодвинск: 2011. — 215 с.
 54. Боровков, А.И. Компьютерный инжиниринг : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 93 с.
 55. ГОСТ Р ИСО 10303-1-99. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы : принят и введён в действие Постановлением Госстандарта России от 22 сентября 1999 г. № 301-ст : дата введения 01.07.2000. - М.: Издательство стандартов, 1999. — 16 с.
 56. Руководство пользователя. LibreOffice Draw 6.3. — 255 с. — URL: https://wiki.documentfoundation.org/images/b/b8/LO_Draw_Guide_RU_6.3_v1.pdf (дата обращения: 19.08.2021)
 57. ГОСТ 2.054-2013. Электронное описание изделия. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44, приложение № 24 доп.) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. № 1794-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.054-2013 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 июля 2015 г. : введён впервые. - М.: Стандартинформ, 2015. — 16 с.
 58. ГОСТ 2.055-2014. Электронная спецификация. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. № 72-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июня 2015 г. № 715-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.055— 2014 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2016 г. : введён впервые. - М.: Стандартинформ, 2016. — 19 с.

59. ГОСТ 2.056-2014. Электронная модель детали. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. № 72-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июня 2015 г. № 715-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.056— 2014 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2016 г. : введён впервые. - М.: Стандартинформ, 2018. — 16 с.
60. ГОСТ 2.057-2014. Электронная модель сборочной единицы. Общие положения : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. № 72-П) : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июня 2015 г. № 715-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 2.057—2014 введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2016 г. : введён впервые. - М.: Стандартинформ, 2019. — 14 с.
61. ГОСТ Р 2.057-2019. Электронная модель сборочной единицы. Общие положения : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2019 г. № 174-ст : введён впервые. - М.: Стандартинформ, 2019. — 19 с.
62. ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена : принят и введён в действие Постановлением Госстандарта России от 20 декабря 2002 г. № 496-ст : взамен ГОСТ Р ИСО 10303-21-99. - М.: Стандартинформ, 2006. — 57 с.
63. ISO 10303-28-2007. Part 28: Implementation methods: XML representations of EXPRESS schemas and data, using XML schemas. — 309 p.
64. Судов, Е.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е.В. Судов, А.И. Левин. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. — 131 с.
65. Суханов, А.А. Концепция развития ИПИ-технологий для продукции военного назначения, поставляемой на экспорт / А.А. Суханов, О.Н. Рязанцев, С.А. Артизов, А.Н. Бриндииков, Н.И. Незаленов, А.В. Карташев, П.М. Елизаров, Е.В. Судов – М.: НИЦ CALS «Прикладная логистика», 2013. — 41 с.
66. Инструкция по установке PDM STEP Suite. Инструкция для системного программиста. Часть 1. — М.: АО НИЦ «Прикладная логистика», 2019. — 36 с.
67. PDM STEP Suite v.5.0. Техническое описание. — М.: АО НИЦ «Прикладная логистика», 2019. — 43 с.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ.....	4
1 ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТНЫЕ ОБЛАСТИ КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	5
1.1 Функциональная модель проектной деятельности с позиции IT-специалиста.....	5
1.2 Конструкторское проектирование.....	8
1.2.1 Общие положения по ГОСТ ЕСКД.....	8
1.2.2 Виды изделий ЕСКД.....	9
1.2.3 Конструкторская документация ЕСКД.....	11
1.2.4 Основные надписи документов, выполненных по стандартам ЕСКД.....	15
1.2.5 Стадии разработки ЕСКД.....	18
1.3 Технологическое проектирование.....	21
1.3.1 Общие положения по ГОСТ ЕСТД.....	21
1.3.2 Основные термины и понятия ЕСТД.....	22
1.3.3 Стадии разработки и виды документов по стандартам ЕСТД.....	24
1.3.4 Маршрутное и операционное описание технологических процессов.....	28
1.4 Проектирование технологической подготовки производства.....	31
1.4.1 Общие положения по ГОСТ ЕСТПП.....	31
1.4.2 Основные термины и понятия ЕСТПП.....	33
1.4.3 Стадии разработки и виды документов по стандартам ЕСТПП.....	33
1.5 Стандарты сопутствующих предметных областей проектирования.....	35
1.5.1 Стандарты СИБИД.....	35
1.5.2 Стандарты ЕСПД.....	36
1.5.3 Стандарты СПДС.....	37
1.6 Заключение по разделу 1.....	38
Вопросы для самопроверки.....	39
2 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	40
2.1 Информационные технологии и автоматизированные системы.....	42
2.1.1 Автоматические и автоматизированные системы.....	43
2.1.2 Автоматизированные системы и системы автоматизации.....	44
2.2 Автоматизированные системы управления.....	46
2.2.1 Трёхуровневая модель АСУ.....	47
2.2.2 Стандартизация MESA.....	48
2.2.3 Стадии и этапы разработки АС.....	50
2.2.4 Виды обеспечения и внутренние структуры АСУ.....	52
2.3 Классификация САПР.....	54
2.3.1 Бумажные технологии проектирования и САПР.....	56
2.3.2 Геометрические ядра и системы CAD.....	60
2.3.3 Инженерные расчёты и системы CAE.....	66
2.3.4 Технологическое проектирование и системы CAM и CAPP.....	70
2.3.5 Интеграция CA и системы PDM.....	71
2.3.6 Другие системы CAx.....	72
Вопросы для самопроверки.....	75
3 ЭЛЕКТРОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИЗДЕЛИЯ.....	76
3.1 PDM и электронное описание изделия.....	77
3.1.1 Базовая структура PDM.....	78
3.1.2 Электронное описание изделия по ГОСТ 2.054-2013.....	79

3.1.3 Электронная структура изделия по ГОСТ 2.053-2013.....	81
3.1.4 Электронная модель изделия по ГОСТ 2.052-2021.....	83
3.2 Стандартизация STEP и развитие CALS-технологий.....	86
3.2.1 PDM и CALS-технологии.....	87
3.2.2 Стандарты ISO 10303.....	89
3.3.3 PDM STEP Suite (PSS).....	92
Вопросы для самопроверки.....	94
4 РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ.....	95
4.1 Форматы документов CAD/CAE/CAM.....	96
4.1.1 Форматы файлов DWG и DXF.....	97
4.1.2 Форматы файлов САПР КОМПАС.....	99
4.2 Документы формата PDF.....	102
4.2.1 Приложения для работы с файлами PDF.....	103
4.2.2 Poppler — библиотека для рендеринга файлов PDF.....	104
4.2.3 Обработка файлов PDF с помощью Apache PDFBox.....	106
4.3 Стандарт OpenDocument Format.....	108
4.3.1 Общее описание ODF.....	108
4.3.2 Инструментальные средства приложения LibreOffice Draw.....	115
4.3.3 Инструментальные средства проекта ODF Toolkit.....	120
Вопросы для самопроверки.....	123
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	124