МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

Л. А. Чемпинский

Системы автоматизированного проектирования

Презентация курса лекций

САМАРА
2011

621.431.75(75)+004.9(075)
Ч - 426

Автор: **Чемпинский Леонид Андреевич**

Чемпинский, Л. А. Системы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]: презентация курса лекций / Л. А. Чемпинский; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон. и граф. дан. (12.66 Мбайт). - Самара, 2011. -1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены методологические основы построения автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП). Формулируются основные принципы построения архитектуры АСТПП с учетом тенденций развития современного промышленного производства и новых информационных технологий, предназначенных для его автоматизации. Рассмотрены организационные аспекты создания АСТПП с учетом использования принципов реинжиниринга бизнес-процессов. Даны рекомендации по использованию графического языка UML для визуального моделирования предметной области и бизнес-процессов ТПП. Приведены схемы ведения конструкторских и технологических проектов средствами PDM системы в едином информационном пространстве ТПП.

Презентация курса лекций предназначена для подготовки специалистов направления 160700.65 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» факультета двигателей летательных аппаратов, изучающих дисциплину «Системы автоматизированного проектирования» в 6 семестре.

Разработано на кафедре производства двигателей летательных аппаратов.

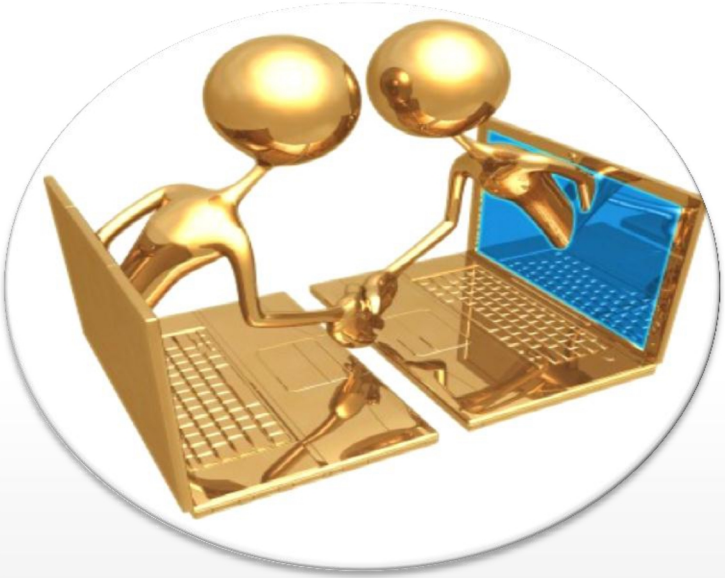
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

Лекция 1

Системы автоматизированного проектирования и их назначение. Введение. Предмет и содержание курса

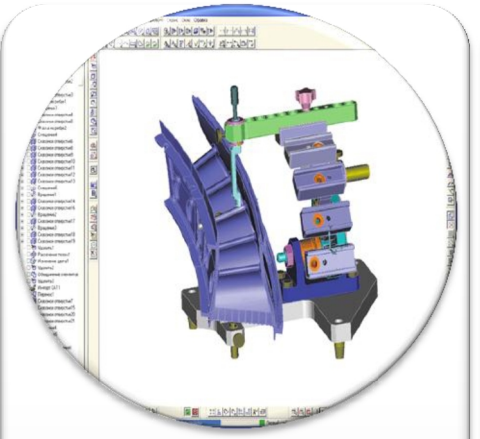




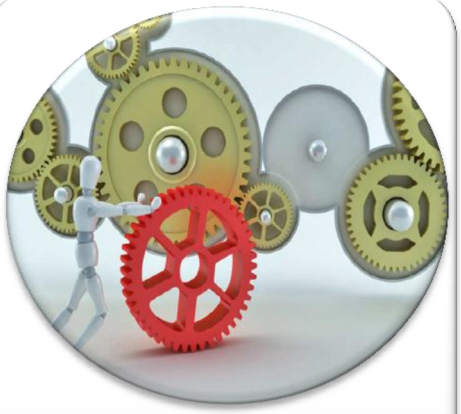


Подготовка специалистов, способных быстро осваивать современные информационные технологии и применять их для решения задач, возникающих в практике разработки и реализации конструкторских и технологических проектов на предприятиях машиностроения

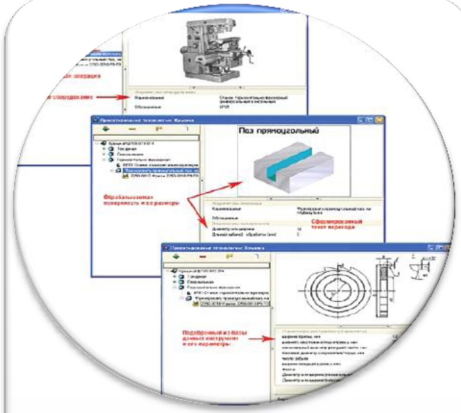
Цель изучения дисциплины



ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (АСТПП) с учетом тенденций развития современного промышленного производства и новых информационных технологий



ИЗУЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ АСПЕКТОВ СОЗДАНИЯ АСТПП с учетом использования принципов реинжиниринга бизнес-процессов



ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКОВ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ предметной области технологической подготовки производства (ТПП) и организации единого информационного пространства (ЕИП) средствами PDM (Product Data Management) системы



ПРИОБРЕТЕНИЕ НАВЫКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСТПП ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА (ТП) изготовления детали, выпуска комплекта технологической документации, разработки расчетно-технологических карт (РТК) и создания управляющих программ (УП)

Задачи ДИСЦИПЛИНЫ

Студент должен знать:

- передовой отечественный и зарубежный опыт в области создания сложных автоматизированных систем
- методологию, стандарты ИПИ/CALS, технические требования к системе поддержки жизненного цикла изделия
- основные принципы построения архитектуры АСТПП
- диаграммы UML для визуального моделирования предметной области ТПП
- методы построения объектно-ориентированной модели ТПП и ее реализацию средствами PDM системы
- схемы ведения конструкторских и технологических проектов средствами PDM системы в ЕИП ТПП

Студент должен уметь:

- создавать 3D модели деталей, выполнять операционные эскизы для отдельных технологических операций
- в автоматизированном режиме создавать и оформлять комплекты технологической документации
- в автоматизированном режиме производить экономические и расчеты размерных цепей
- в среде CAM систем составлять и оформлять управляющие программы для станков с ЧПУ

Реинжиниринг бизнес-процессов (BPR)
Принципы реинжиниринга



Горизонтальное сжатие процессов

- несколько рабочих процедур объединяются в одну. Для перепроектированных процессов наиболее характерно отсутствие технологии "сборочного конвейера", в рамках которой на каждом рабочем месте выполняются простые задания, или рабочие процедуры. Выполнявшиеся различными сотрудниками, теперь они интегрируются в одну

Вертикальное сжатие процессов

- исполнитель принимает самостоятельное решение в тех случаях, когда при традиционной организации работ он должен был обращаться к управленческой иерархии. Наделение сотрудников большими полномочиями и увеличение роли каждого из них в работе компании приводит к значительному повышению их отдачи

Распараллеливание процессов

Различные варианты исполнения процессов

- **высокая динамичность рынка приводит к тому, что процесс должен иметь различные версии исполнения в зависимости от конкретной ситуации, состояния рынка и т.д**

Работа выполняется в том месте, где это целесообразно

Уменьшение количества проверок и управляющих воздействий до целесообразного уровня

Минимизация количества согласований

Уполномоченный «менеджер»

- играет роль буфера между сложным процессом и заказчиком. Он ведет себя с заказчиком так, как если бы был ответственным за весь процесс, имея для этого доступ ко всем используемым информационным системам и ко всем исполнителям

Преобладание смешанного централизованно/децентрализованный подхода

Роль методологии реинжиниринга

РЕИНЖИНИРИНГ – кардинальная и революционная перестройки бизнес-процессов компании, сопровождающейся переходом на новые принципы построения организации

требует выполнения СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОЕКТА И СОЗДАНИЯ КОМАНДЫ ПО РЕИНЖИНИРИНГУ, включающей как сотрудников компании, так и приглашенных консультантов. После достижения намеченных целей работы по проекту завершаются и компания переходит к ЭВОЛЮЦИОННОМУ ПЕРИОДУ СВОЕГО РАЗВИТИЯ, называемому усовершенствованием бизнеса: постоянные небольшие модернизации выполняются в ходе текущей работы

Жизненный цикл продукции

потребность в некоторой продукции, удовлетворяющей те или иные потребности конечного числа потенциальных потребителей в конкретных условиях потребления, согласных приобрести ее за прогнозируемую ими же цену

требования к свойствам продукции с их качественными и количественными параметрами

облик будущей продукции, соответствующий этим требованиям

технология ее производства с приемлемыми затратами в конкретных производственных условиях

Осуществляются:

оснащение средствами производства и обеспечение материалами и комплектующими изделиями

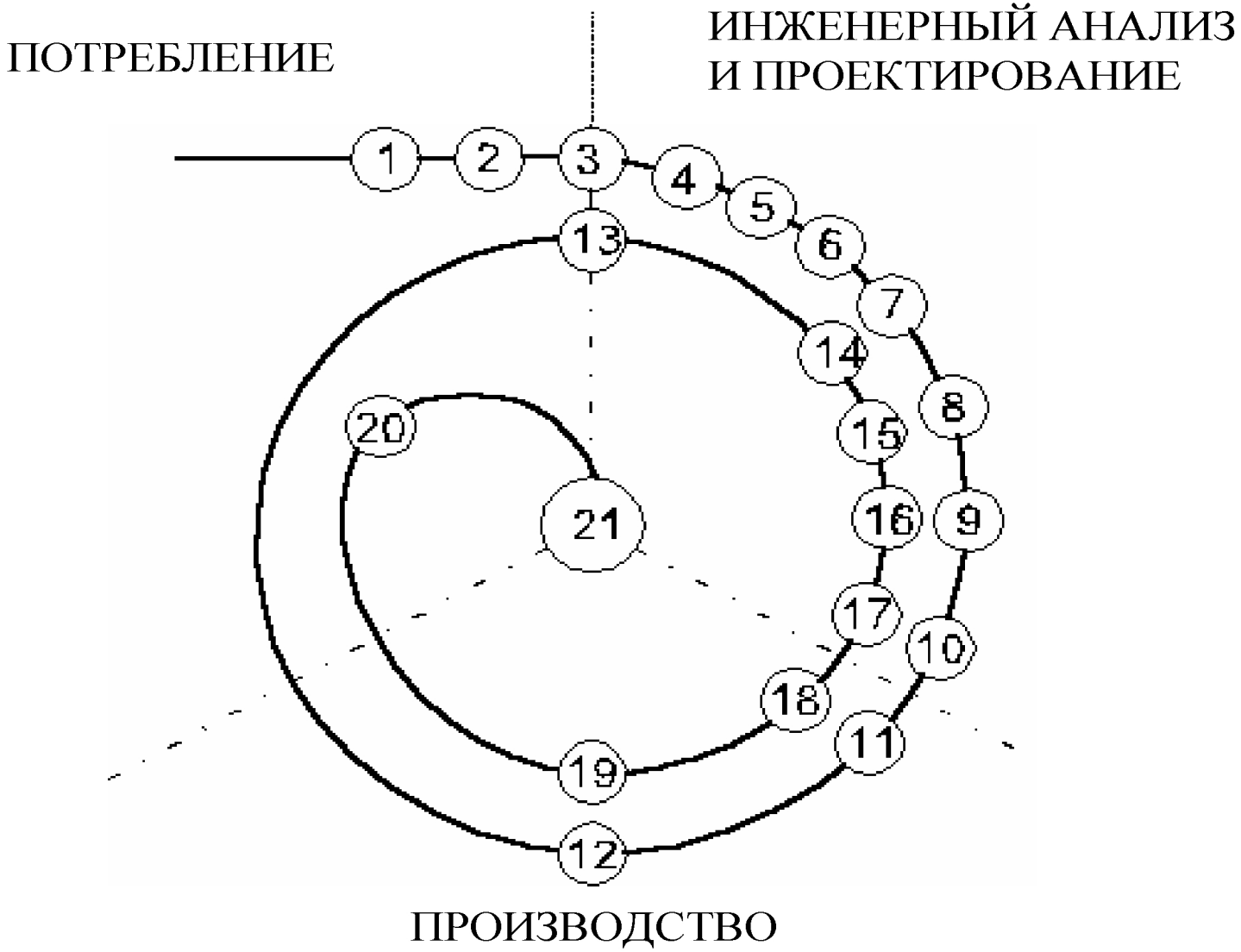
производство продукции

маркетинг, продажа и обслуживание у покупателя произведенной продукции

собственно использование продукции в соответствии со служебным назначением

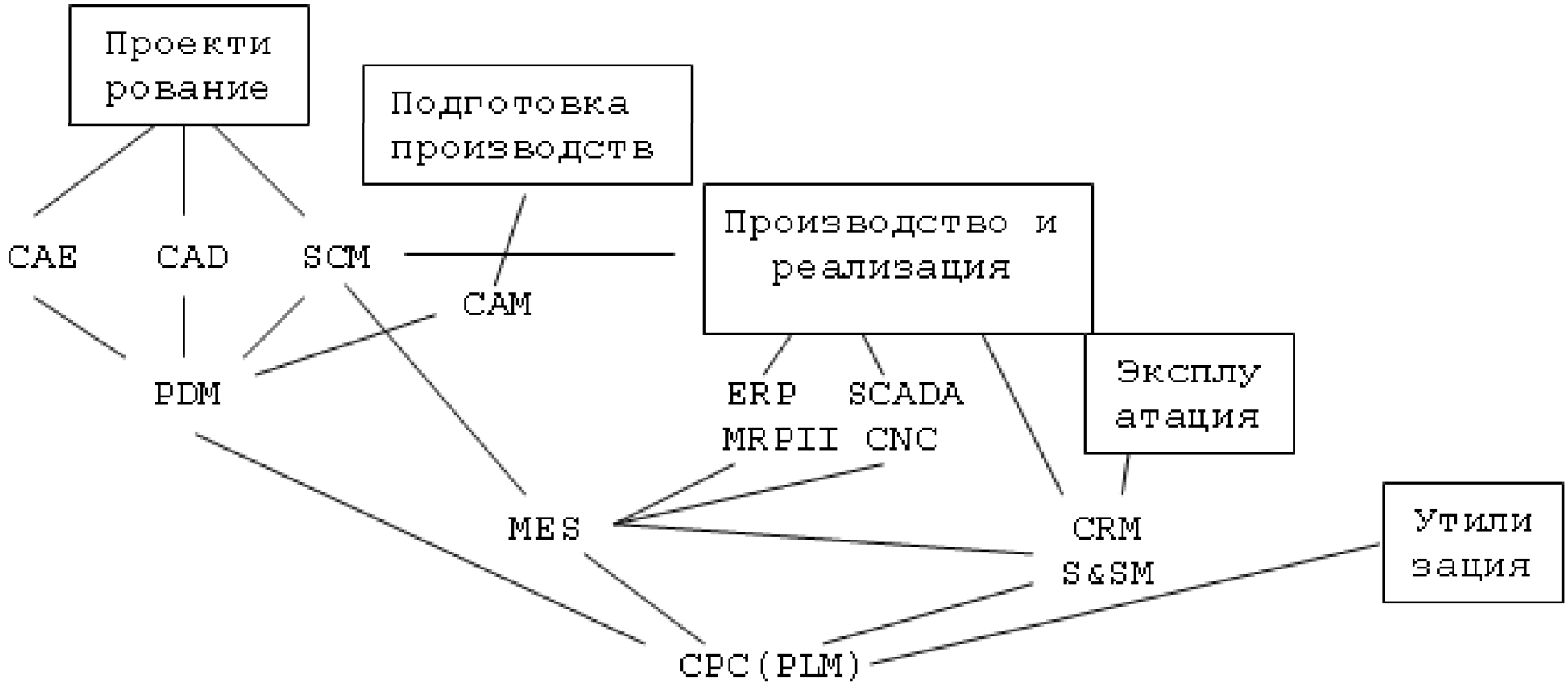
Завершается жизненный цикл утилизацией использованной и невостребованной продукции

Этапы жизненного цикла



1-формирование потребности в изделии, 2-определение числа потенциальных потребителей и конкурентоспособной цены, 3-формулирование технического задания (ТЗ), 4-разработка и защита технического предложения, 5-разработка и защита эскизного проекта, 6-разработка и защита технического проекта, 7-разработка рабочего проекта, 8-разработка комплекта технологической документации, 9-разработка конструкций технологического оснащения, 10-разработка организационно-технической документации, 11-изготовление технологического оснащения, 12-изготовление первых образцов изделий, 13-испытание первых образцов на соответствие ТЗ, 14-корректировка рабочего проекта, 15-корректировка технологической документации, 16-корректировка документации технологического оснащения, 17-корректировка организационно-технической документации, 18-изготовление дооснащения производства, 19-изготовление заказанных изделий, 20-использование изделий в соответствии со служебным назначением, 21-утилизация изношенных и невостребованных изделий.

Информационная поддержка этапов ЖЦИ





КООРДИНАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМ CAE/CAD/CAM - СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ *PDM (PRODUCT DATA MANAGEMENT)*

Уже на стадии проектирования требуются услуги системы управления цепочками поставок (SCM - Supply Chain Management) или (Component Supplier Management (CSM). На этапе производства эта система управляет поставками необходимых материалов и комплектующих.

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется

автоматизированными системами управления предприятием (АСУП)

автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП)

системы планирования и управления предприятием *ERP (Enterprise Resource Planning)*, планирования производства и требований к материалам *MRP-2 (Manufacturing Requirement Planning)*, производственная исполнительная система *MES (Manufacturing Execution Systems)*, а также SCM и система управления взаимоотношениями с заказчиками *CRM (Customer Requirement Management)*.

Для выполнения диспетчерских функций (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и разработки ПО для встроенного оборудования в состав *АСУТП* вводят систему *SCADA {Supervisory Control and Data Acquisition).*

Непосредственное программное управление технологическим оборудованием осуществляют с помощью системы *CNC {Computer Numerical Control)* на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование.

Системы *электронного бизнеса* (E-Commerce) объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий. Такие системы E-Commerce называют системами управления данными в интегрированном информационном пространстве *CPC {Collaborative Product Commerce)* или *PLM {Product Lifecycle Management).*

Структура САПР

Проектирующие подсистемы

- непосредственно выполняют проектные процедуры. Примерами проектирующих подсистем могут служить подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации, схемотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах.

Обслуживающие подсистемы

- обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными, подсистемы разработки и сопровождения программного обеспечения *CASE (Computer Aided Software Engineering)*

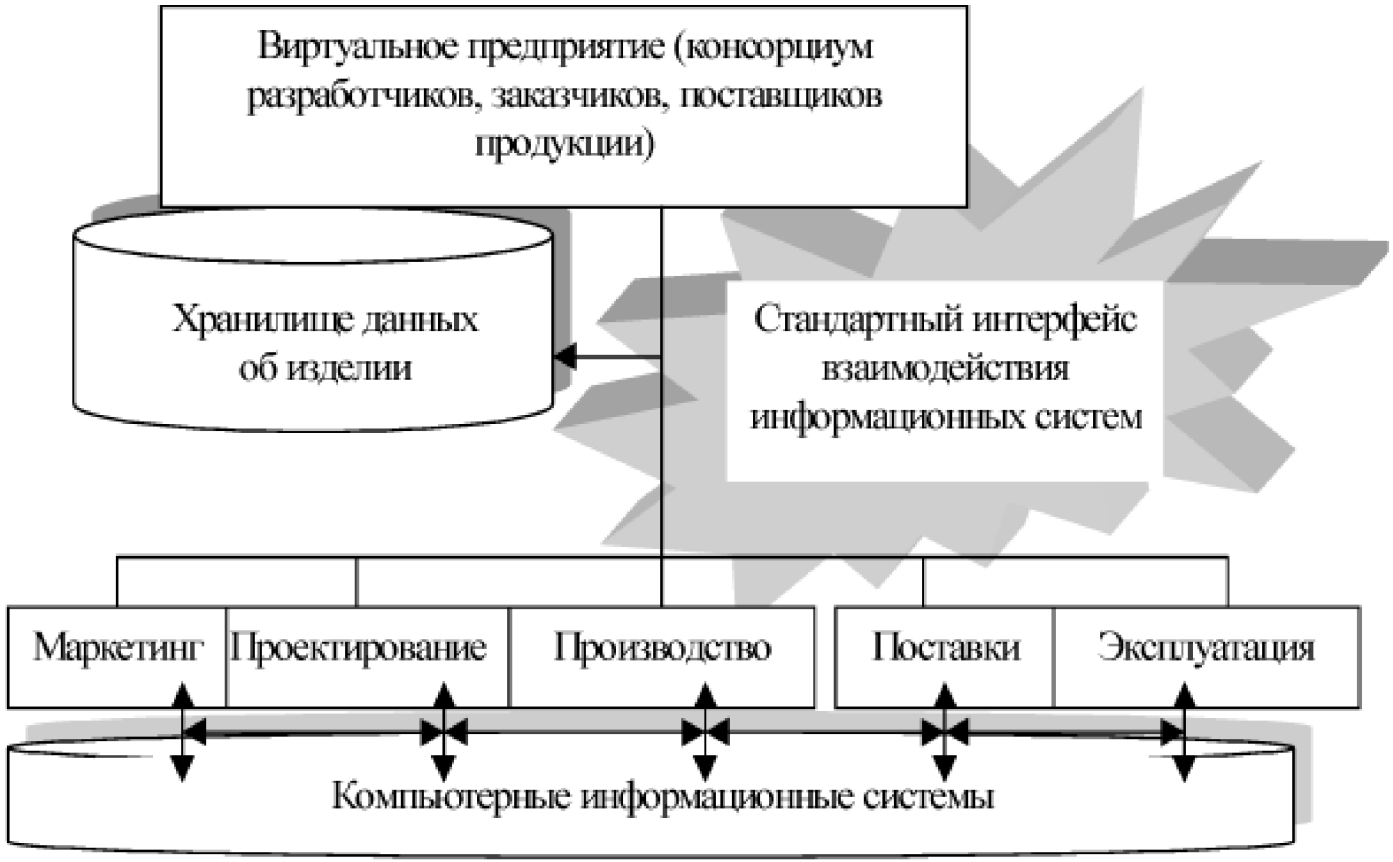

Виды обеспечения САПР
лингвистическое
информационное
методическое
программное
организационное
математическое
техническое


САПР для машиностроения
MCAD
САПР в области архитектуры и строительства
САПР для радиоэлектроники
ECAD
Разновидности САПР


Комплексные (интегрированные) САПР
САПР на базе подсистемы машинной графики
Разновидности САПР по характеру базовой подсистемы
Унифицированные графические ядра, применяемые более чем в одной САПР
САПР на базе СУБД
САПР на базе конкретного прикладного пакета

Понятие о CALS - технологиях

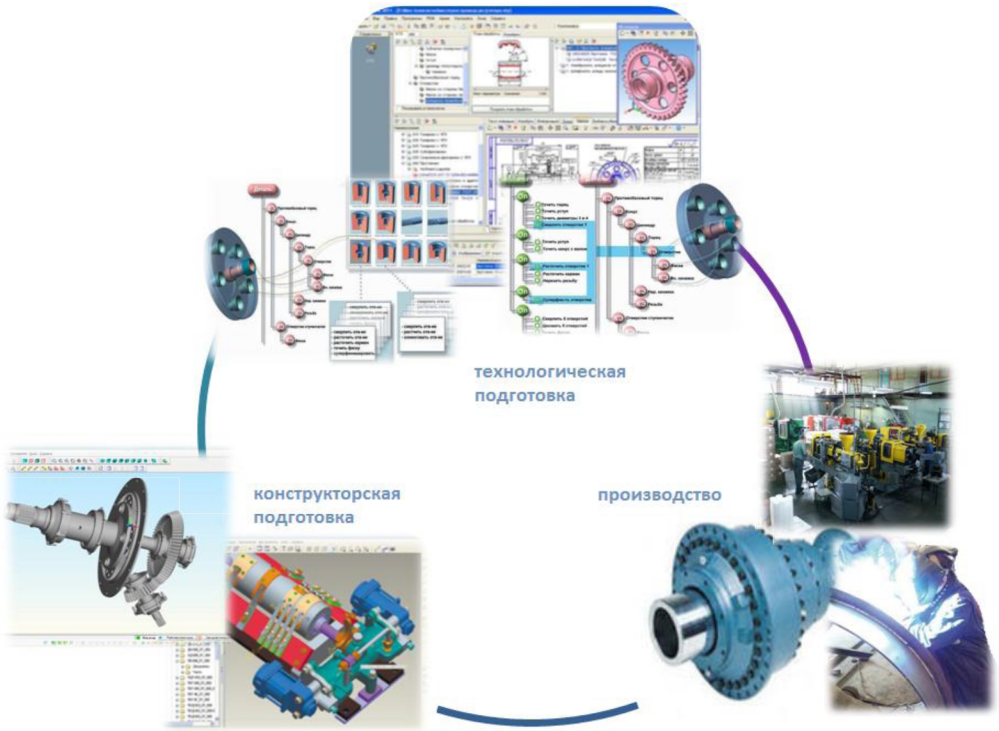
CALS-технология это стратегия проектирования больших технических систем, которая позволяет в условиях конкурентной борьбы успешно сохранять и развивать системы создания и производства продукции



Развитие CALS-технологий должно привести к появлению так называемых ***ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ***

процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организационно автономными проектными стадиями

Лекция 2
САПР ТП и их место среди других автоматизированных систем



Порядок создания изделий

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ (ТЗ)

- **Отражаются эксплуатационные и технические характеристики разрабатываемого изделия и его составных частей, условия и сценарии эксплуатации**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ (ТПРЕДЛ)

- **Чертежи общих видов компоновки изделия, технические задания на эскизные проекты элементов изделия, директивная технология общей сборки, технические задания на проектирование оснащения для общей сборки, транспортировки, технологического оснащения для обслуживания изделия в процессе эксплуатации**

ЭСКИЗНЫЙ (ЭП) И ТЕХНИЧЕСКИЙ (ТП) ПРОЕКТЫ

- **Чертежи общих видов, таблиц элементов конструкции, технических условий (ТУ) на изготовление и приемку составных частей. Уровень детализации разработки чертежей общих видов и сопровождающих их документов на завершающей фазе этих этапов должен быть достаточным для разработки всего комплекта рабочей документации без привлечения авторов предшествующего этапа разработки**

Помимо конструкторской документации на этих же этапах формируется технологический процесс сборки агрегатов, формулируются технические задания на оснащение агрегатной сборки

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ (РП)

- **Выпуск комплекта рабочей документации для производства: чертежей деталей и сборочных единиц. На чертежи деталей наносят всю информацию, относящуюся к представляемой на приемку готовой детали, как по геометрическим параметрам, так и по параметрам свойств материала, массе, геометрии масс с допустимыми их отклонениями (допусками). На сборочные чертежи наносят информацию, относящуюся к выполнению соединений, выходным геометрическим параметрам, подлежащим техническому контролю, с допусками**

На чертежи деталей и сборочных единиц выносят многочисленные технические требования (ТТ), определяющие правила приемки и технического контроля. Разрабатываются и дополняются технические условия (ТУ) на изготовление и приемку составных частей

Технологическая документация

Техническое предложение

технология общей сборки с полным комплектом технологической документации и технических заданий на разработку технологического оснащения для общей сборки

Эскизный (технический) проект

технология сборки сборочных единиц с полным комплектом технологической документации и технических заданий на разработку технологического оснащения для сборки сборочных единиц

Рабочий проект

рабочая технология изготовления деталей с техническими заданиями на разработку оснастки для обработки деталей, а также ***рабочая технология агрегатной и общей сборки***

Организационно-техническая документация (ОТД) **разрабатывается на основе полного комплекта технологической документации и документированного технологического оснащения, позволяющих разработать систему управления производством, отслеживающую движение заказов на производстве, поставку материалов и комплектующих изделий, оптимизирующих производственные затраты и непроизводственные потери**

Использование САПР по этапам проектирования

- *специализированные проблемно - ориентированные САЕ ППП, позволяющие с одной стороны произвести экспертные оценки экономически целесообразных параметров ТЗ на изделие с учетом пожеланий большого количества пользователей и соисполнителей, а с другой - сформировать геометрию облика и компоновку (CAD).*

ТЗ и Тпредл



ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Студент: ###

Группа: 07 ###

Факультет: Морской и Авиационной Техники

КОД ЗАДАНИЯ: ДМ - 03 07 - 02 15 00

Тема проекта: Привод цепного конвейера

Состав привода: Редуктор ЦЗС – цилиндрический двухступенчатый соосный, горизонтальный и ременная передача

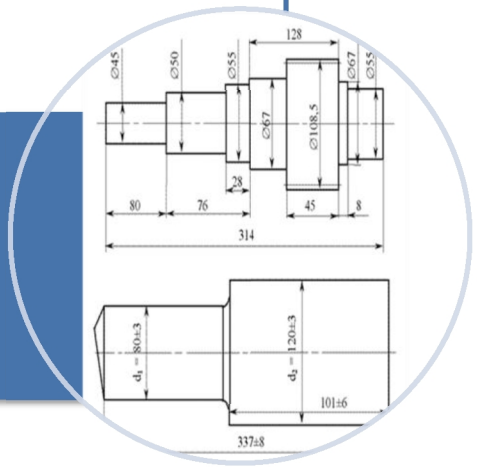
Исходные данные по варианту 7 задания 3

окружное усилие тяговых цепей	$F = 7100$ Н
скорость тяговых цепей	$v = 0,5$ м/с
число зубьев тяговых звездочек	$z = 15$
шаг тяговой цепи	$p = 80$ мм
высота оси барабана от уровня пола	$H = 730$ мм
ширина барабана	$B = 710$ мм
срок службы	$h = 5$ лет
коэффициенты использования	$k_г = 0,75$ $k_с = 0,66$
выпуск	единичный

ДМ-03.07-02 ПЗ

- ***уточняется номинальная геометрия агрегатов и входящих в них элементов (деталей) с помощью геометрического (CAD) трехмерного (3D) твердотельного (Solid) моделирования с оценкой в CAE системе состояния материала конструкции (напряжений: запасов прочности, ресурса работы при определенных ранее нагрузках и т. п.).***

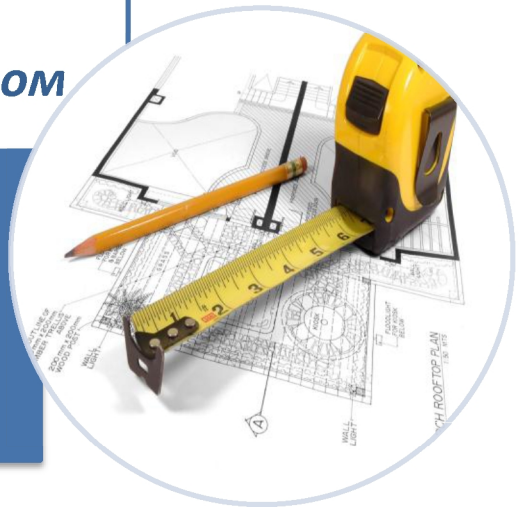
эскизный проект



Таким образом для обеспечения этапов *технического предложения и эскизного проекта* достаточно иметь CAD, содержащий средства 3D Solid моделирования с параметризацией, CAE с методом конечных элементов и большое количество специализированных пользовательских программ, определяющих нагрузки, состояние материалов в конструкциях и их поведение в условиях эксплуатации и CAM деления объекта производства на составные части. Все системы такого типа являются открытыми для пользовательских (User) программ.

- ***возникает необходимость специфического поверхностного моделирования, переходящего в твердотельное, для моделирования пространственных размерных цепей с целью согласования и уточнения допусков на сопрягаемые поверхности и параметры геометрии масс. Моделируя выходные параметры элементов конструкции, определяющие ее работоспособность, в пределах допусков поверхностей и соразмеряя эти допуски с технологическими возможностями, можно обоснованно их назначить и в дальнейшем выполнить и проконтролировать наилучшим образом***

технический проект



Кроме того к этому этапу проектирования должен подключаться технологический (CAM) пакет, позволяющий разработать структуру состава промежуточных сборочных единиц, которая ляжет в основу разработки сборочных чертежей, и директивную документированную технологию сборки с оценкой продолжительности цикла сборки, позволяющего осуществить его в приемлемые сроки. На этом этапе завершается разработка директивного технологического процесса сборки, формулируются ТЗ на необходимую для его осуществления технологическую оснастку.

- *задача сводится к разработке рабочих чертежей деталей и заготовок с помощью геометрического (CAD) объемного (3D) и плоского (2D) моделирования, технологического (CAM) проектирования и моделирования обработки заготовок на станках с ЧПУ с полным комплектом технологической и технико-экономической документации*

рабочий проект



- *размещение заказов на производственных мощностях с учетом сроков их выполнения; планированию и диспетчеризации снабжения; планированию на основе технологического (CAM) проектирования и сопровождения производственного процесса, загрузки персонала; учету состояния производственной системы; моделированию оптимального поведения производственной системы при нарушении планов; оценке эффективности работы производственной системы*

организационно-техническая документация



Трудоемкость этапов проектирования

Этап технического предложения имеет глубокую проблемно - и объектно-ориентированную специализацию и имеет весьма малочисленный круг пользователей – проектантов

Этапы эскизного и технического проектов обслуживается существенно большим числом пользователей

К этапу рабочего проекта и разработке технологии изготовления деталей привлекается самое большое число пользователей

Наукоемкость **постепенно снижается, а количество рутинных процедур возрастает**

Лекция 3

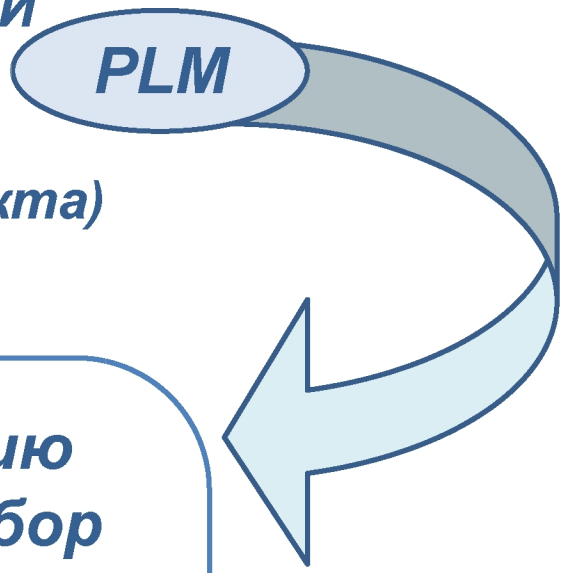
PLM-стратегии информационной поддержки жизненного цикла изделий





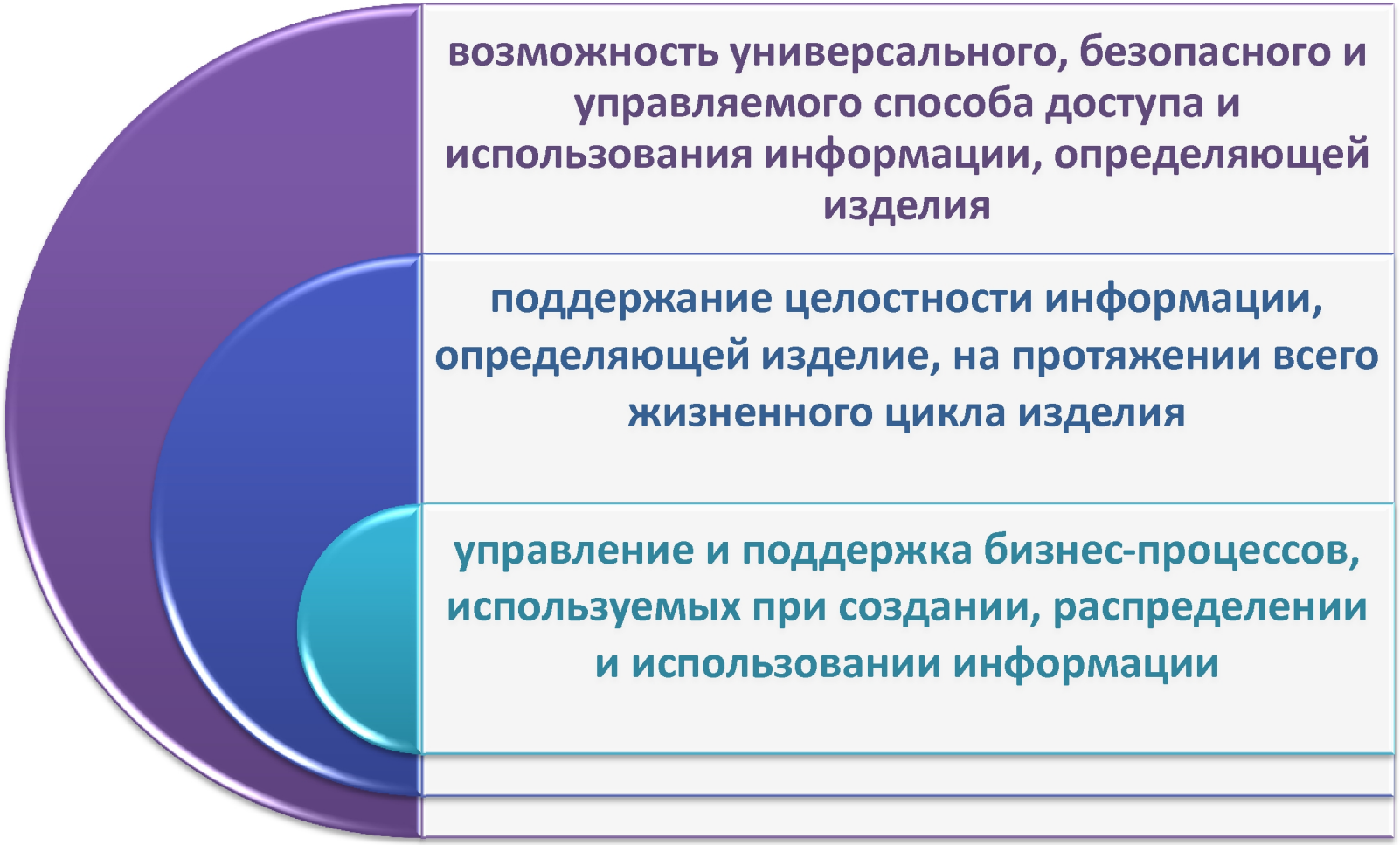
Воплощением комплексного подхода является концепция ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ всех этапов жизненного цикла изделий

Комплексная поддержка этапов ЖЦИ реализуется на основе концепции (Product Life-cycle Management – управление жизненным циклом продукта)



стратегический подход к ведению бизнеса, который использует набор совместимых решений для поддержки общего представления информации о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации, в среде расширенного предприятия, начиная от концепции создания продукта до его утилизации

Основные требования к PLM решениям



Технические требования к системе поддержки жизненного цикла

Условная инвариантность

универсальное ядро, обеспечивающее единое представление промышленного бизнеса как систему продуктов, процессов и ресурсов

Ассоциативность

Между всеми компонентами жизненного цикла изделия должны поддерживаться устойчивые и управляемые причинно-следственные связи

Сертифицируемость

Электронная модель изделия должна обладать свойствами контролепригодности. Инструкция контроля - это вид процесса, специфицируемый по тем же законам, что и продукт, и являющийся неотъемлемой частью виртуального проекта изделия

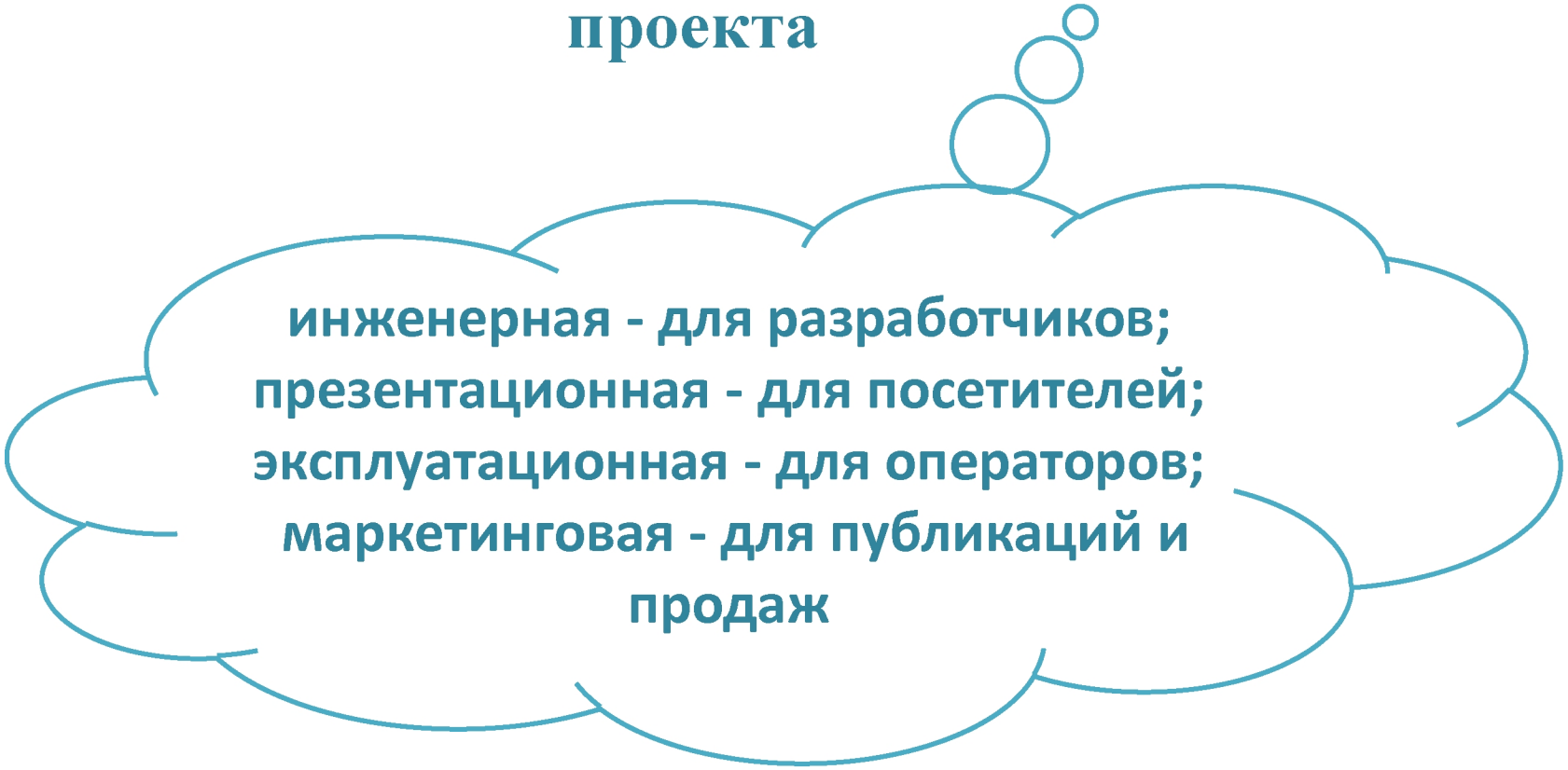
Интеграция промышленного бизнеса

Проект бывает многовариантным, добавляя такую категорию, как конфигурация. При этом каждая из конфигураций должна обладать всеми свойствами целого проекта

Многообразие способов представления данных проекта

Так как содержательная часть проекта изделия в электронном виде растет и покрывает все больше отраслей знаний, то и представление его должно быть селективным, то есть выборочным по определенному критерию.

Стандартные формы представления проекта

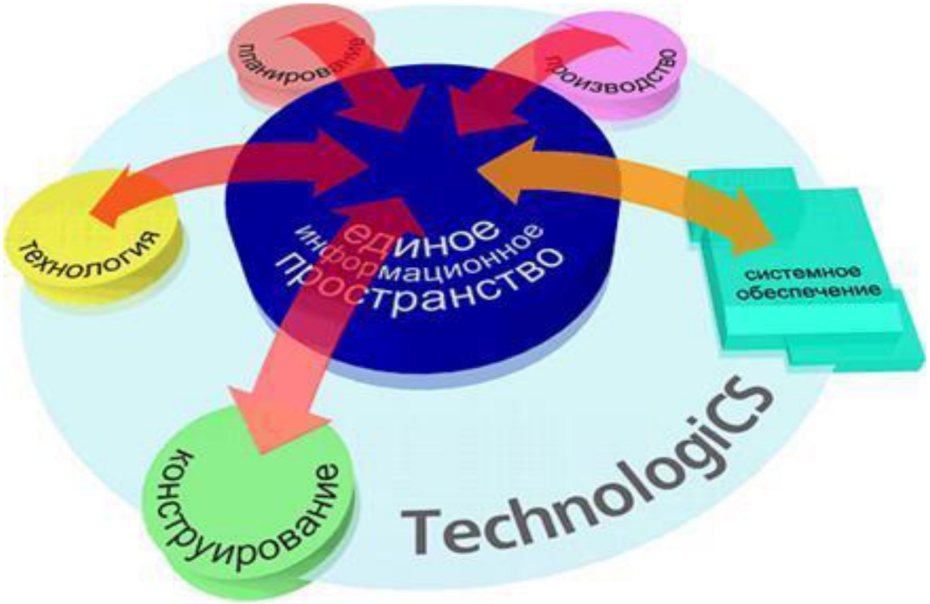


Базовые системы, обеспечивающие реализацию стратегии PLM - CAD/CAM; CAE; PDM, системы классов ERP, SCM и CRM обеспечивают, вместе с PLM, эффективное функционирование расширенного предприятия

PDM- система

средство для реализации процессов управления ТПП

PDM-система является базовым средством, с помощью которого реализуется ЕИП как для сферы ТПП, так и для других этапов ЖЦИ.



Основные функции PDM-системы

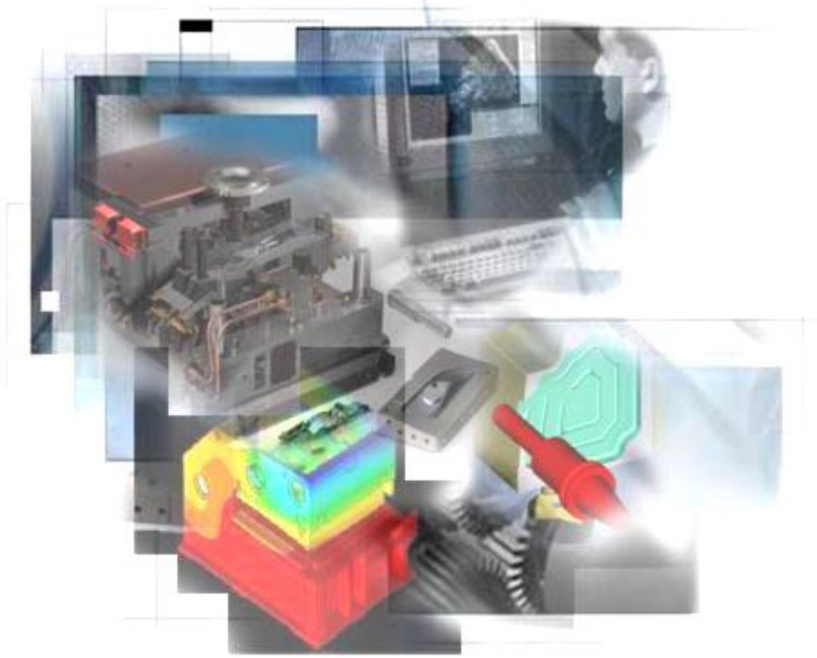


PDM-система является многопользовательской и работает в компьютерной сети.

PDM организует ЕИП предприятия, обеспечивая создание, хранение и обработку информации в единой базе данных с помощью системы управления базами данных (СУБД).

PDM-системы содержат набор web-средств, обеспечивающих работу над проектом для удаленных пользователей через Интернет.

Лекция 4
Основные принципы построения АСТПП



Глобальные факторы, влияющие на методологию построения АСТПП



A=F(Q,M,S)

A - **АСТПП**;
Q = (q1, q2, … qK) - **вектор характеристик предметной области;**
M = (m1, m2, … mL) - **вектор характеристик выбранной методологии построения информационных систем;**
S = (s1, s2, … sN) - **вектор характеристик используемых инструментальных средств**.

Факторы представляют собой тенденции развития современного производства, которые, с одной стороны, обусловлены развитием новых информационных технологий, а с другой - вынуждают информационные технологии совершенствоваться в данном направлении

Для *предметной области* промышленного производства

- q1 — быстрая сменяемость изделий и участие заказчика в формировании технических требований
- q2 — проектирование и подготовка производства новых изделий в среде расширенного или виртуального предприятия
- q3 — возможность быстрой передачи процессов ТПП и процессов изготовления изделий с одного предприятия на другое
- q4 — быстрая сменяемость инженерно-технического персонала в сфере проектирования и подготовки производства
- q5 — системная специализация предприятий при выпуске новых изделий
- q6 — возможность удаленного доступа предприятий-субподрядчиков к вычислительным ресурсам головного предприятия

Для методологии построения АСТПП как сложной информационной системы



Для используемых инструментальных средств (PLM – решений)

s1 организация ЕИП средствами PDM-системы для обеспечения эффективной совместной согласованной работы конструкторов, технологов и других специалистов ТПП

s2 центральная роль 3D- модели создаваемого изделия. Она является источником геометрической информации для всех основных задач ТПП

s3 возможность виртуального моделирования ТП (средствами CAM- и CAE-систем) для их контроля и сокращения стоимости и сроков проектирования

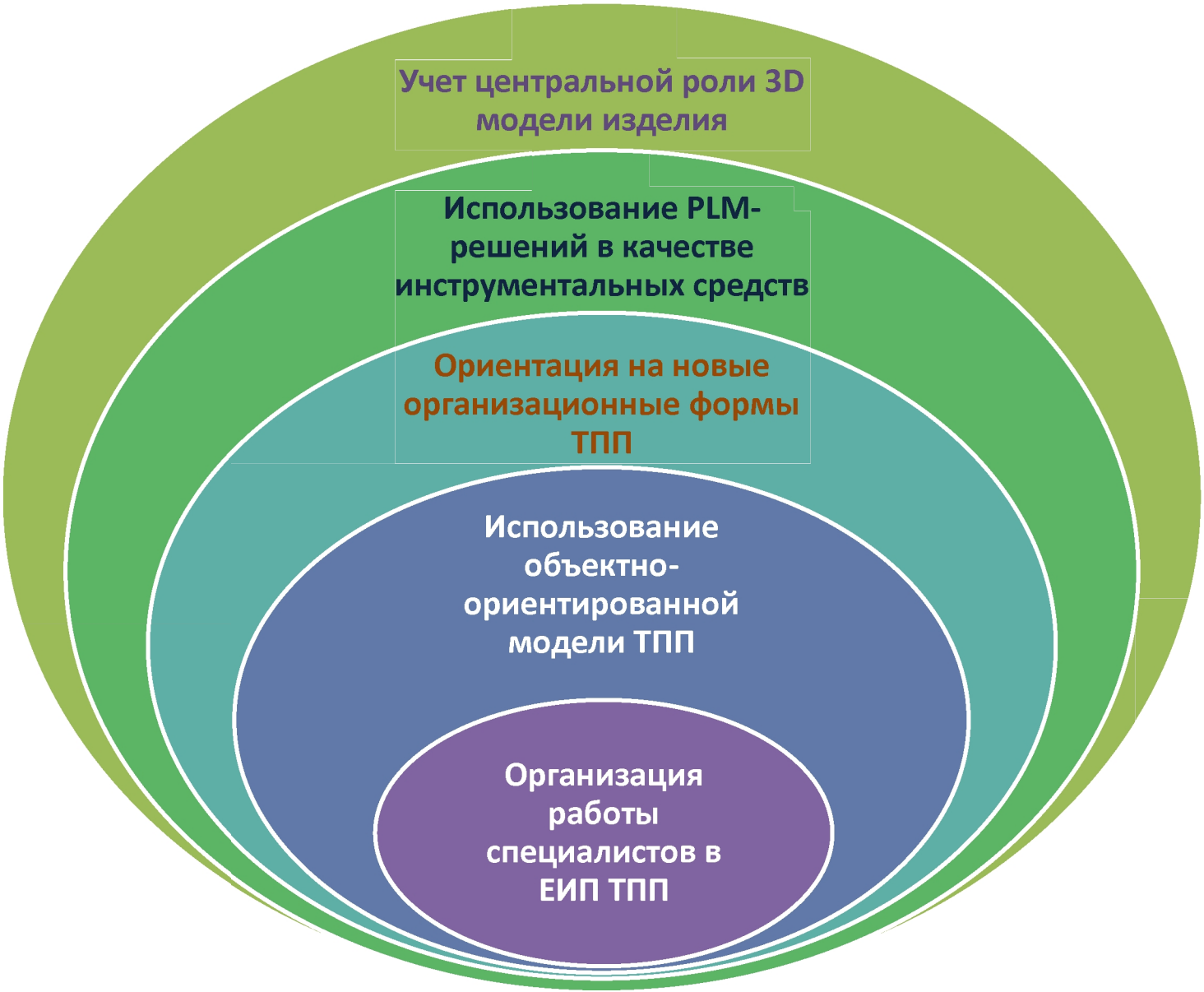
s4 возможность формализации и последующего использования корпоративных знаний для улучшения качества, сокращения сроков проектирования

s5 открытость архитектуры PLM-решений и наличие средств разработки приложений для адаптации систем к условиям конкретного предприятия


Характеристики промышленного производства
Методология построения информационных систем
Системы класса PDM/CAD/CAE/CAM


Принцип совместимости
Принцип модульности
Принцип открытости
Принцип системного единства
Принцип стандартизации
Принципы построения АСТПП
Принцип декомпозиции
Принцип эргономичности

Основные принципы построения архитектуры АСТПП




ЕИП ТПП содержит:
информацию о деталях и сборочных единицах изделия
информацию о технологических процессах изготовления изделия
информацию об оборудовании и средствах технологического оснащения
нормативно-справочную информацию
планово-учетную информацию



ЕИП ТПП обеспечивает

ЕИП ТПП является

основой АСТПП, так как в его среде реализуются и целевые, и собственные функции АСТПП:
<u>целевые функции</u> соответствуют тем задачам, для решения которых создается АСТПП;
<u>собственные функции</u> - задачам, которые должны решаться в АСТПП для обеспечения целевых функций.



Объектно-ориентированный подход обеспечивает:



Новые организационные формы ТПП позволяют:



обеспечить эффективное взаимодействие головного предприятия с заказчиками

взаимодействие головного предприятия с поставщиками и субподрядчиками

сократить сроки выпуска нового изделия

Учет центральной роли 3D модели изделия позволяет



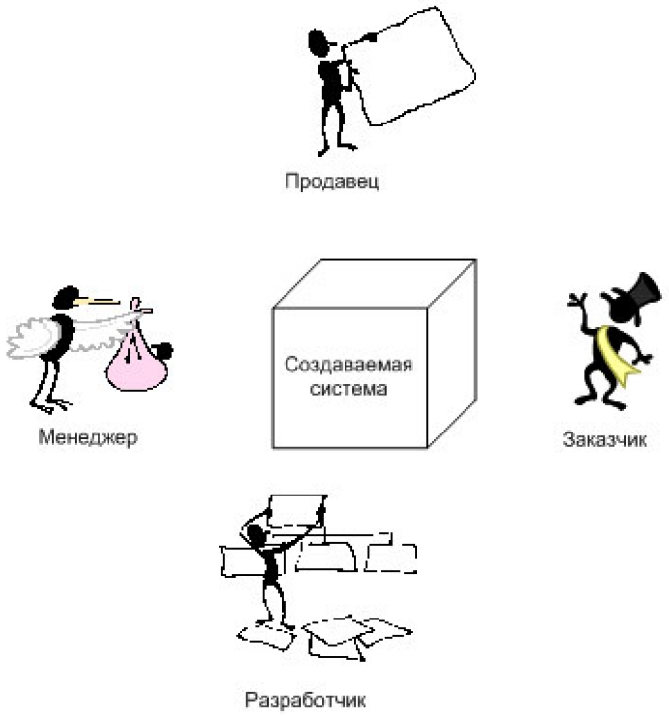
правильно построить объектно-ориентированную модель предметной области и оптимальным образом организовать бизнес-процессы ТПП в среде как обычного, так и виртуального предприятия

Использование PLM-решений сводит задачу построения АСТПП



к правильному выбору инструментальных средств, их адаптации к условиям конкретного предприятия, определению числа и видов автоматизированных рабочих мест, организации бизнес-процессов ТПП с использованием механизмов управления потоками производственных заданий (Workflow).

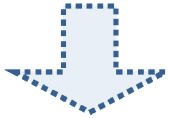
Лекция 5
Организационные аспекты создания АСТПП



ПРОЕКТ - это "ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с изначально четко определенными целями, достижение которых определяет завершение проекта, с установленными требованиями к срокам, качеству результатов, риску, установленными рамками расхода средств, ресурсов и конкретными формами организации".



В настоящее время на большинстве отечественных предприятий осознают необходимость реорганизации ТПП, в частности, важность внедрения новых информационных технологий и создания АСТПП



создание АСТПП должно рассматриваться *в контексте методологии реинжиниринга*, как построение информационной системы поддержки новых бизнес-процессов ТПП предприятия

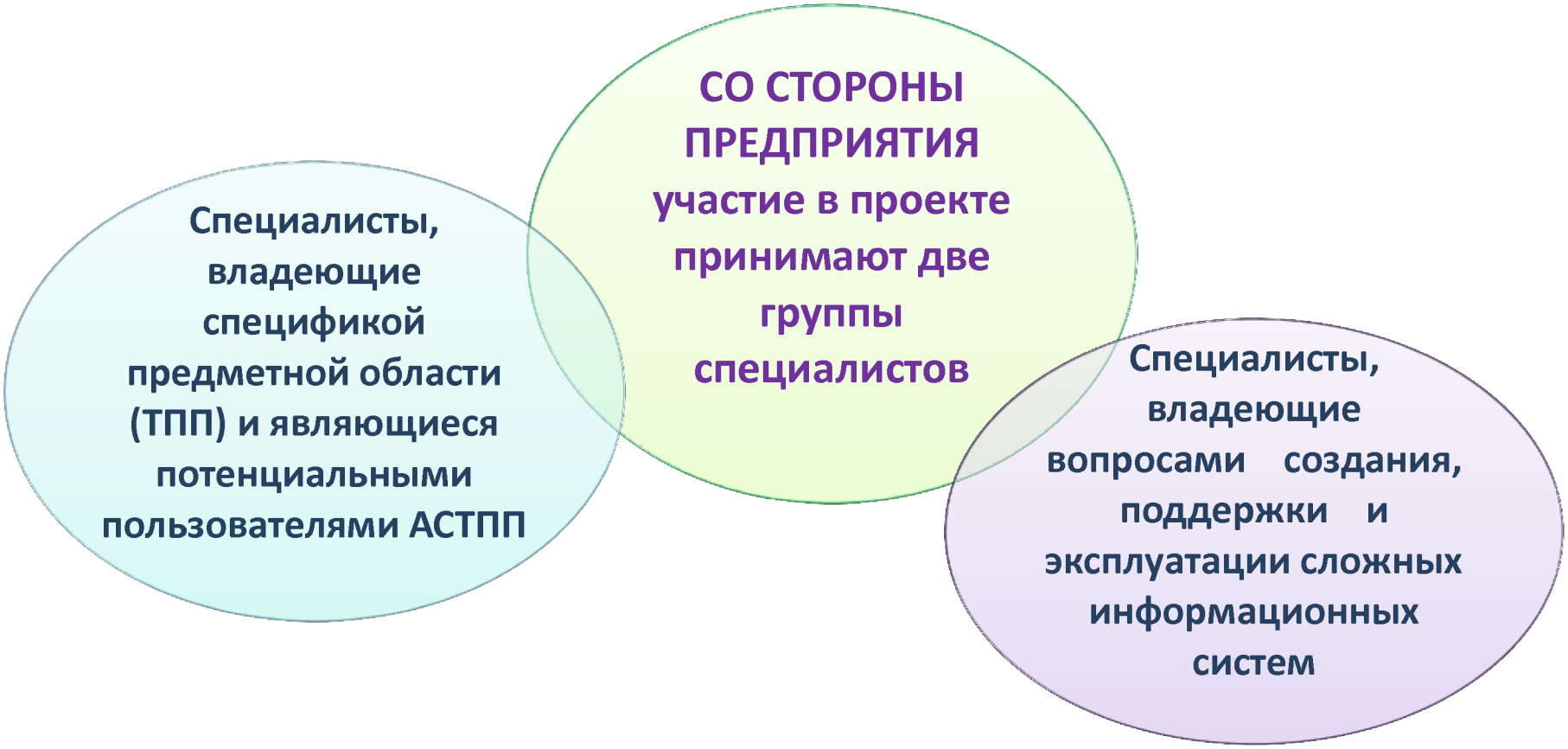
процесс создания АСТПП *не может быть оторван* от других мероприятий по техническому перевооружению производства (что соответствует принципам реинжиниринга).


Приобретению современного оборудования с ЧПУ
Приобретению установок для быстрого прототипирования изделий
Затратам на освоение и внедрение современных высокоэффективных технологий(быстрое изготовление формообразующей оснастки, литье в силиконовые формы)
Перестройке работы подразделений предприятия в соответствии с организационными принципами реинжиниринга
Руководство предприятия должно быть готово к

В настоящее время одной из наиболее сложных проблем отечественного машиностроения является НАРУШЕНИЕ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ПОКОЛЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОГО ПЕРСОНАЛА, НЕДОСТАТОК В КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТАХ (конструкторах, технологах, системных аналитиках, прикладных программистах и др.), наличие которых необходимо для успешной реализации проекта создания АСТПП. В связи с этим реализация проекта должна выполняться с участием специализированных сторонних организаций.







Наибольший объем работ и общее управление процессами ТПП на предприятии возлагаются, как правило, на **отдел Главного технолога** (ОГТ), поэтому состав первой группы специалистов обычно комплектуется из наиболее квалифицированных сотрудников ОГТ. Вторая группа специалистов комплектуется из сотрудников **отдела информационных технологий (**ИТ), или другого подразделения (например, инжинирингового центра (ИЦ)

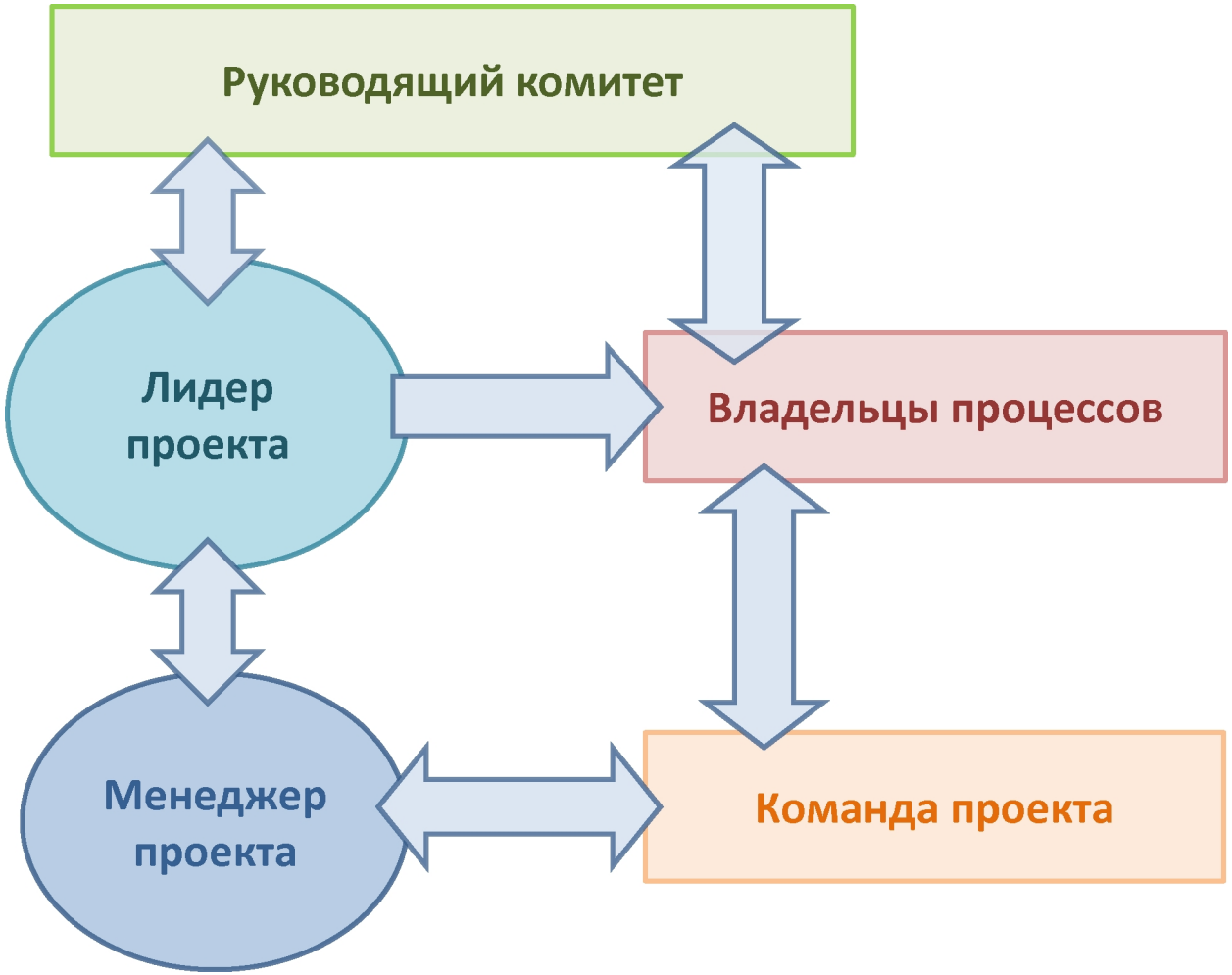
Фирмы - поставщики CAD/CAM, CAE и PDM-систем (осуществляющие не только поставку, но также обучение и сопровождение)

СТОРОННИЕ ОРГАНИЗАЦИИ (ИНЖИНИРИНГОВЫЕ ФИРМЫ)

Инжиниринговые фирмы, выполняющие различные виды работ в области проектирования и подготовки производства (например, геометрическое моделирование сложных изделий, виртуальное моделирование и анализ технологических процессов формообразования, разработка управляющих программ

Фирмы, специализирующиеся в области проведения реинжиниринга бизнес-процессов и обеспечивающие поддержку методологии реинжиниринга, включая поставку средств моделирования бизнес-процессов


Лидер проекта - член руководства предприятия, который возглавляет организацию и проведение работ, связанных с проектом
Владельцы процессов - менеджеры (руководители подразделений), отвечающие за обновляемые бизнес-процессы
Руководящий комитет (steering committee) - комитет, образованный из представителей руководства предприятия с целью определение общей стратегии и контроля выполнения работ по проекту
Менеджер проекта - ведущий специалист предприятия, отвечающий за поддержку методик и инструментариев реализации проекта и выполняющий оперативное управление проектом
Команда проекта - группа специалистов (сотрудники предприятия, а также эксперты и разработчики, приглашенные со стороны), участвующие в реализации проекта
Для осуществления сложных проектов, связанных с реинжинирингом бизнес-процессов, необходим следующий состав участников:



Лидер проекта назначает владельцев процессов и ресурсов, которые привлекают команду проекта для обновления этих процессов. Разработка осуществляется с участием менеджера проекта и под контролем руководящего комитета. Комитет возглавляется лидером проекта.

ЛИДЕР ПРОЕКТА

- главный инженер, его заместитель, главный технолог – это сотрудник предприятия, несущий персональную ответственность перед руководителем за осуществление проекта

РУКОВОДЯЩИЙ КОМИТЕТ

- владельцы основных процессов, менеджер проекта, ключевые работники команды проекта. Задача комитета состоит не в том, чтобы осуществлять оперативное управление проектом, а в выработке стратегии и контроле за ходом работ

МЕНЕДЖЕР ПРОЕКТА

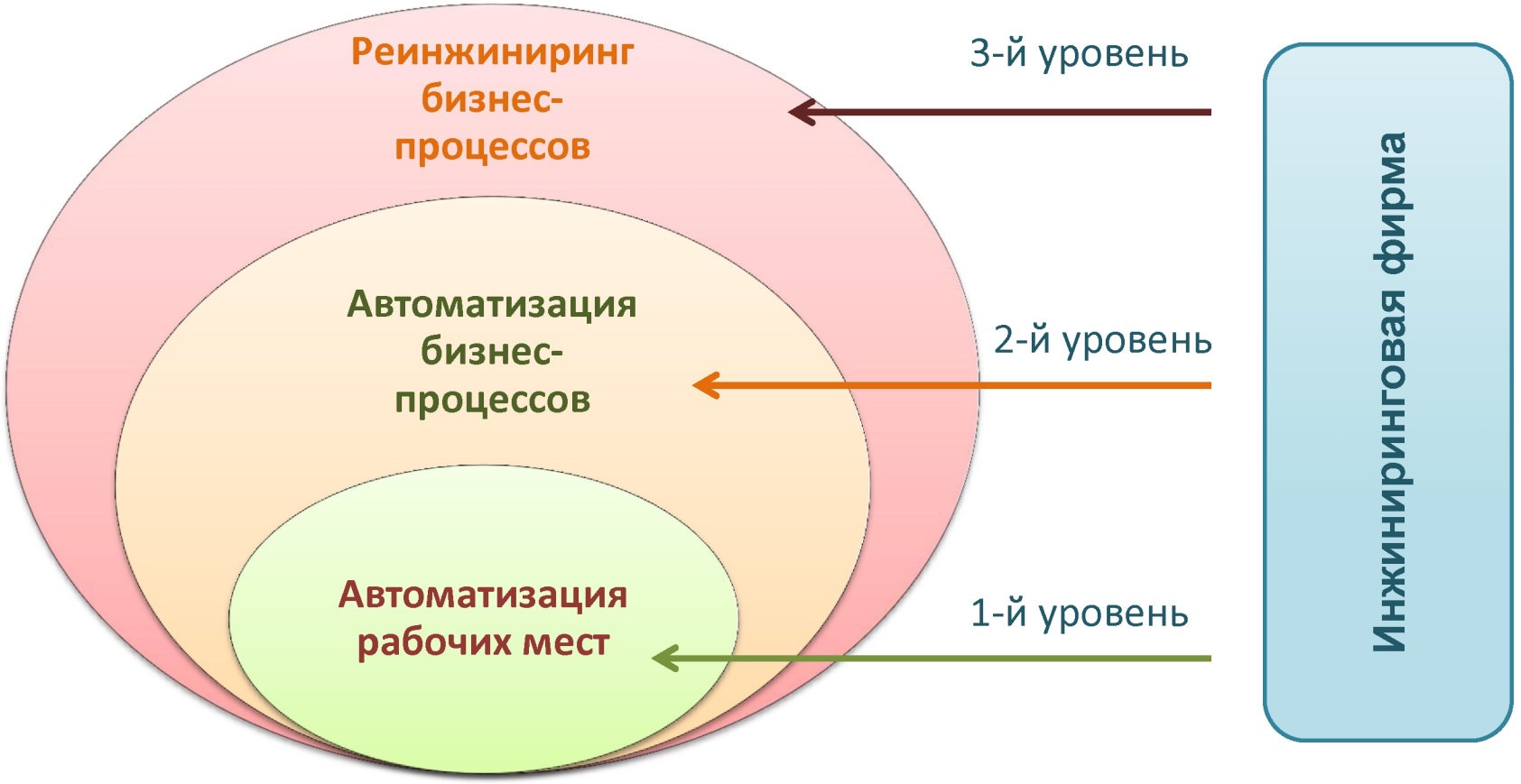
- руководитель (ведущий специалист) инжинирингового центра или отдела ИТ или Консультанта проекта, привлекаемый из сторонней инжиниринговой фирмы. Этот консультант должен восполнять недостаток подготовки менеджера проекта

ВЛАДЕЛЬЦЫ ПРОЦЕССОВ ТПП

- руководители или ведущие специалисты технологических бюро, КБ оснастки, бюро ЧПУ и др

КОМАНДА ПРОЕКТА

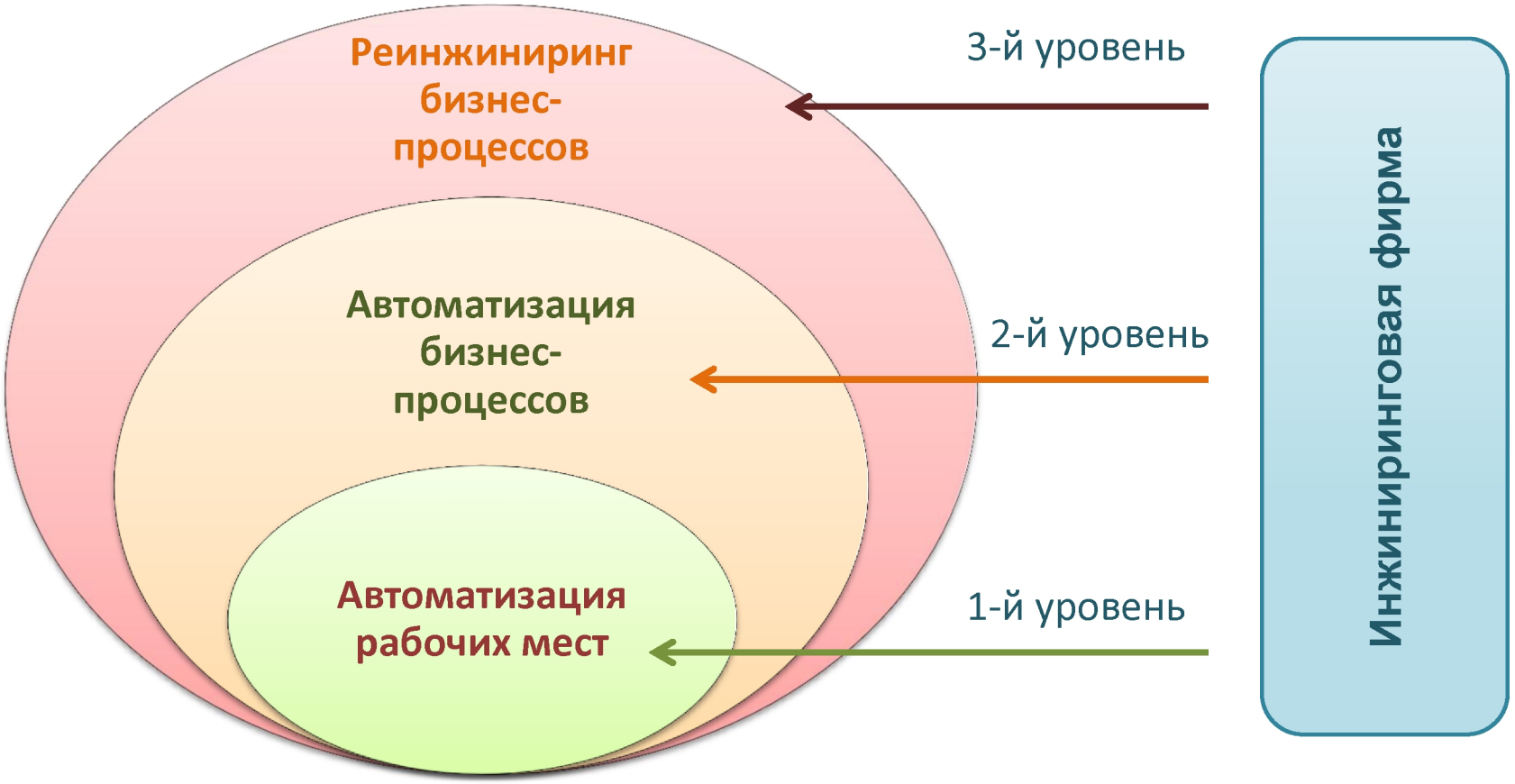
- сотрудники отдела ИТ и специалисты сторонних организаций (инжиниринговых фирм), участвующих в реализации проекта. Эти специалисты осуществляют поставку CAD/CAM, CAE и PDM-систем, средств визуального моделирования бизнес-процессов



Автоматизация рабочих мест **включает** ***поставку CAD/CAM и CAE-систем*** **с соответствующим обучением и сопровождением. Кроме того, инжиниринговая фирма может выполнять решение отдельных задач ТПП (геометрическое моделирование сложных изделий, виртуальное моделирование и анализ технологических процессов формообразования, разработка управляющих программ и др.).**

Поставка PDM-системы **непосредственно связана с** ***автоматизацией бизнес-процессов*** **и относится к сервисным работам второго уровня. Внедрение PDM-системы требует разработки структуры ЕИП ТПП, наполнения единой базы данных, разработки приложений средствами API, построения графиков Workflow.**

Работа инжиниринговой фирмы на третьем уровне сервиса может потребовать также участия в построении моделей бизнес-процессов ТПП с помощью диаграмм UML или в поставке средств моделирования (системы Rational Rose или ARIS) и обучению специалистов предприятия работе с ней на примерах составления диаграмм конкретных бизнес-процессов. Однако данные работы обеспечивают лишь информационно-методологическую поддержку реинжиниринга ТПП и не затрагивают более сложных проблем, связанных с организационной перестройкой служб предприятия, оптимизацией бизнес-процессов, внедрением новых технологий и т.д.



Успешная реализация проектов создания АСТПП на предприятиях возможна только при выполнении следующих условий:



Очевидно, что эти условия относятся к категории необходимых, но не достаточных. Не менее важными являются такие общие условия, как правильная постановка целей проекта, наличие должного финансирования, высокий квалификационный уровень участников проекта и т.п.

ПОДДЕРЖКА ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ АСТПП



Классификация деятельности инжиниринговых фирм, основана на делении по уровням сложности задач, решаемых при создании АСТПП. Представляется полезной также другая классификация, иллюстрирующая виды поддержки проектов создания АСТПП

Программная поддержка

- включает в себя поставку CAD/CAM, CAE и PDM-систем, разработку приложений, настройку баз данных и т.п. Сюда же относится поставка средств визуального моделирования бизнес-процессов ТПП

Техническая поддержка

- включает в себя поставку средств, образующих техническую платформу АСТПП (серверы, компьютеры АРМ, средства вычислительных сетей). Эта поддержка может решаться инжиниринговой фирмой за счет установления партнерских отношений с фирмами - поставщиками компьютерной техники

Информационная поддержка

- обеспечивает предприятие сведениями, необходимыми для принятия организационно-технических решений проекта (сравнительные характеристики различных систем, информация о ходе проектов АСТПП на других предприятиях и др.)

Методическая поддержка

- включает в себя передачу предприятию различных методических материалов по реализации проекта (например, методику использования языка UML для моделирования бизнес-процессов, методики решения различных задач ТПП с помощью CAD/CAM и CAE-систем, методику построения единой базы данных ТПП и др.)

Инженерная поддержка

- помогает предприятию более оперативно выполнять внедрение компонентов АСТПП за счет непосредственного решения инжиниринговой фирмой отдельных задач ТПП с помощью поставляемых программных систем (например, проектирование конкретной пресс-формы в CAD/CAM-системе, моделирование процесса горячей штамповки заданной детали в CAE-системе и т.д.).

Кадровая поддержка

- помощь предприятию в восполнении недостатка в специалистах, необходимых для участия в проекте АСТПП. Такая помощь может вестись инжиниринговой фирмой, в частности, за счет тесного контакта (партнерских отношений) с кафедрами ВУЗов, обеспечивающих подготовку студентов по нужным


Построение единого информационного пространства средствами PDM-системы для организации коллективной согласованной работы специалистов и управления бизнес-процессами КП и ТПП
Внедрение новых методов работы специалистов в едином информационном пространстве предприятия
Проведение реинжиниринга бизнес-процессов КП и ТПП на предприятии с использованием методов визуального моделирования
Выбор PDM-системы и создание на предприятии группы специалистов для настройки системы на условия предприятия, обучение специалистов
Внедрение PLM-решений на машиностроительном предприятии предполагает выполнение следующих действий
Оптимальный выбор и конфигурирование программных средств CAD/CAM/CAE для автоматизации проектных конструкторских и технологических процедур, обучение специалистов и внедрение

При выборе CAD/CAM/CAE/PDM-систем инжиниринговая фирма должна руководствоваться следующими принципами:

Следует использовать наиболее современные, передовые решения, проверенные мировой и отечественной практикой

Следует использовать по возможности минимальное число различных наименований систем, учитывая при этом необходимую функциональность и стоимость каждой системы

Следует обеспечить по возможности максимально полную автоматизацию рабочих мест, исключив выполнение проектных процедур "ручным" способом, без применения компьютера

На корпоративном уровне следует использовать PLM-решения ведущих мировых разработчиков, что обеспечит в дальнейшем максимально полную информационную интеграцию предприятия с заказчиками и субподрядчиками

Следует обеспечить необходимую информационную интеграцию всех специалистов конструкторских и технологических служб предприятия

ЦЕЛЬЮ БАЗОВОГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЯВЛЯЕТСЯ:

Решение широкого спектра первоочередных задач, требующих сравнительно небольших затрат инженерного персонала на освоение новых методов

Получение быстрого экономического эффекта от внедрения

ЦЕЛЬЮ РАСШИРЕННОГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЯВЛЯЕТСЯ:

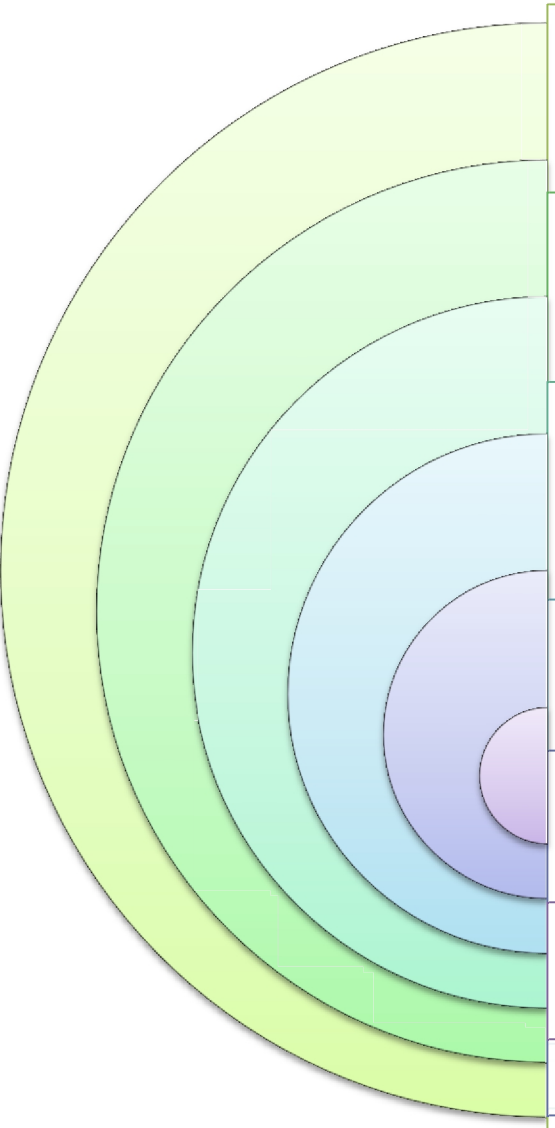
Переход на наиболее высокий уровень автоматизации проектирования основных изделий, соответствующий мировому уровню

Достижение комплексности и информационная интеграция рабочих мест в едином информационном пространстве

К ЗАДАЧАМ БАЗОВОГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОТНОСЯТСЯ:



К ЗАДАЧАМ РАСШИРЕННОГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОТНОСЯТСЯ:



- Проектирование основных изделий с формированием и использованием цифрового макета изделия (DMU - Digital Mock Up)
- 3D проектирование коммуникационных подсистем основных изделий (трубопроводы, кабелепроводы, электрожгуты и др.)
- Использование корпоративных знаний при проектировании изделий (при условии их возможной формализации
- Решение широкого спектра задач инженерного анализа проектируемых изделий и технологических процессов
- Построение единого информационного пространства средствами PDM-системы
- Организация управления потоками производственных заданий с помощью средств Workflow PDM-системы

Важную роль при проведении комплексной автоматизации процессов ТПП играет УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ. Под персоналом здесь понимаются специалисты - пользователи внедряемых CAD/CAM/CAE/PDM-систем. Помимо обучения и сопровождения со стороны поставщиков этих систем, необходимо наличие плана внедрения и жесткий контроль за его выполнением со стороны руководителей предприятия. Каждый пользователь должен иметь в течение рабочего дня фиксированный минимальный временной интервал (например, два часа) для освоения новых средств с гарантией того, что это освоение не будет прерываться текущими производственными заданиями. Кроме того, каждый пользователь должен видеть свою перспективу в новых условиях и быть заинтересованным в общем успехе проекта автоматизации предприятия.

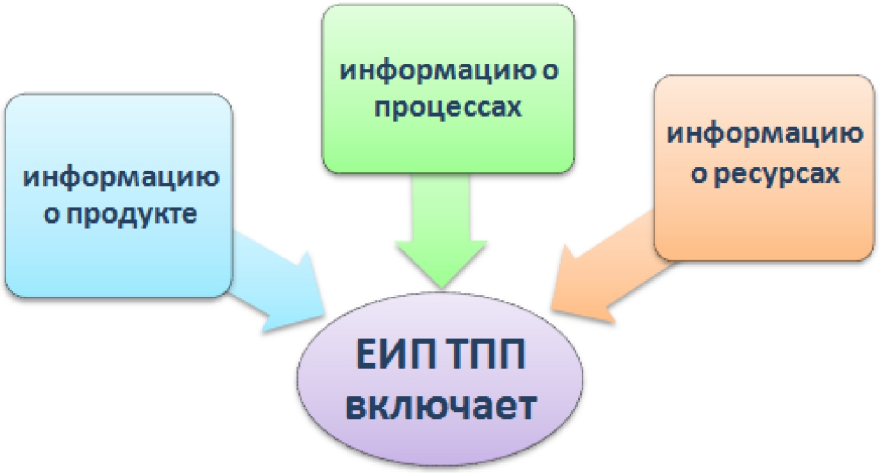


Лекция 6
Построение объектно-ориентированной модели ТПП и ее реализация средствами PDM-системы

Создание ЕИП является следствием построения модели ТПП в среде PDM-системы: именно эта модель содержит все необходимые данные, которые используются в процессе функционирования АСТПП.

Центральная роль в ЕИП принадлежит МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ

*С появлением CAD-систем понятие модели изделия стало ассоциироваться с его пространственной геометрической **3D моделью***





во многих случаях один и тот же объект предметной области может быть отнесен как к одному, так и к другому суперклассу из тройки "Продукт - Процесс - Ресурс".

Продукт

Под продуктом будем понимать любое изделие, изготавливаемое предприятием, независимо от того, является оно изделием основного производства, то есть продукцией предприятия, или изделием вспомогательного производства, то есть продукцией ТПП (нестандартное оборудование (НСО) и средства технологического оснащения (СТО)).

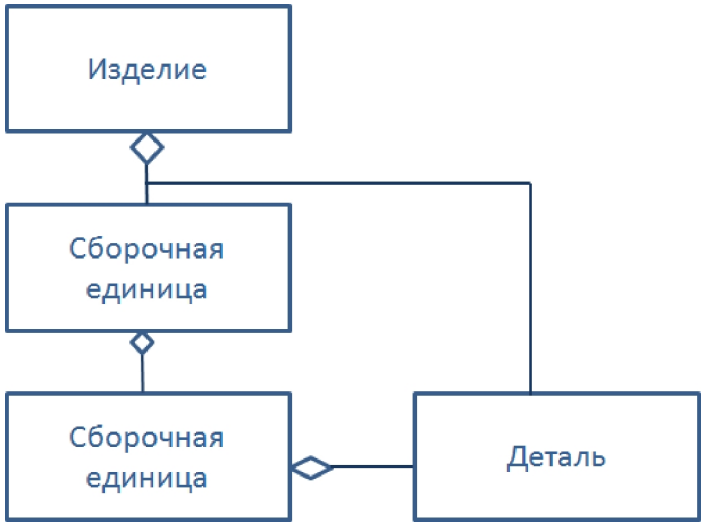
Как известно, изделие описывается своим проектом и, в соответствии с ГОСТ 2.101-85, представляет собой сборочную единицу, комплекс или комплект. На практике для того чтобы отличить сборочную единицу, комплекс или комплект первого уровня от входящих сборочных единиц, комплексов и комплектов, объект первого уровня часто называют просто "изделием".



Классификация раздела "Продукт"

Подробное описание продукта содержится в его конструкторской документации, которая (для предприятий отечественного машиностроения) должна быть оформлена в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. При компьютерном проектировании документы создаются и хранятся в **базе данных в электронном виде**; их можно просматривать на экране или выводить по запросу на принтер или плоттер. Информация о конструкторской документации является составной частью информации об изделии и должна размещаться в соответствующем подклассе (классе) суперкласса "Продукт", которому можно присвоить имя "Конструкторская документация".

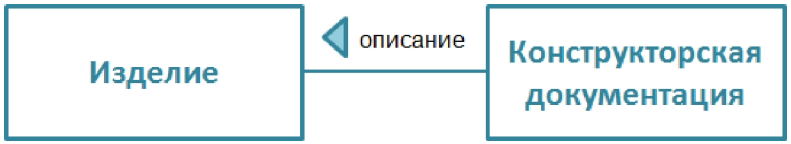
Для описания иерархической структуры изделия используется *отношение агрегации*



при этом отношение агрегации устанавливается не между классами, а между объектами, то есть между компонентами конкретного изделия

Еще один тип отношений - отношения ассоциации описывают логические связи между классами. Например, чтобы иметь возможность при просмотре проекта изделия выйти на соответствующую этому проекту конструкторскую документацию, необходимо установить *отношение ассоциации*

Отметим, что при реализации модели предметной области средствами PDM-системы отношения (связи) описываются так же, как классы - именем и набором атрибутов. Связи хранятся в базе данных как самостоятельные независимые сущности, что является следствием использования в PDM-системах реляционных СУБД.



Процесс

Под процессом будем понимать последовательность действий, связанных с функционированием системы ТПП (бизнес-процессы ТПП). Кроме того, в раздел "Процесс" включается описание технологических процессов изготовления изделия.

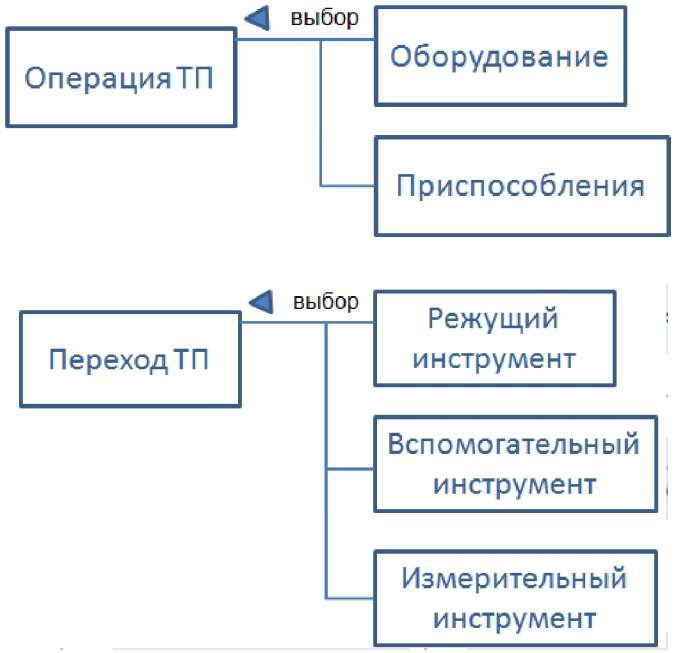
Как и в случае описания продукта, технологические процессы (ТП) могут быть представлены *описанием их структуры* и соответствующей *технологической документацией* (ТД). Поэтому оба эти представления будут размещены в соответствующих классах ЕИП.

С точки зрения классификации, следует различать ТП изготовления конкретных изделий (индивидуальные ТП) и групповые ТП, так как они имеют различную схему обозначений. В связи с этим, указанные виды ТП целесообразно разместить в разных подклассах класса ТП. Помимо этих маршрутно-операционных ТП в отечественном машиностроении широкое распространение получили "упрощенные" ТП в виде маршрутов изготовления деталей по цехам (так называемые расцеховки). Поэтому данный вид ТП также должен получить свое отображение в ЕИП.



Классификация раздела "Процесс"

В нотации UML формой детального представления бизнес-процессов являются диаграммы деятельности с дорожками. При детальном представлении учитываются конкретные подразделения предприятия или исполнители, а функции детализируются до уровня производственных заданий. В такой форме диаграммы деятельности могут быть непосредственно реализованы в среде PDM-системы с помощью механизмов ***управления потоками производственных заданий*** *(Workflow). Однако, сама информация о производственных заданиях (функциях, операциях) и о порядке их выполнения (графиках заданий) должна быть размещена в ЕИП в виде данных, что и требует введения специальных классов в рамках статической модели предметной области.*

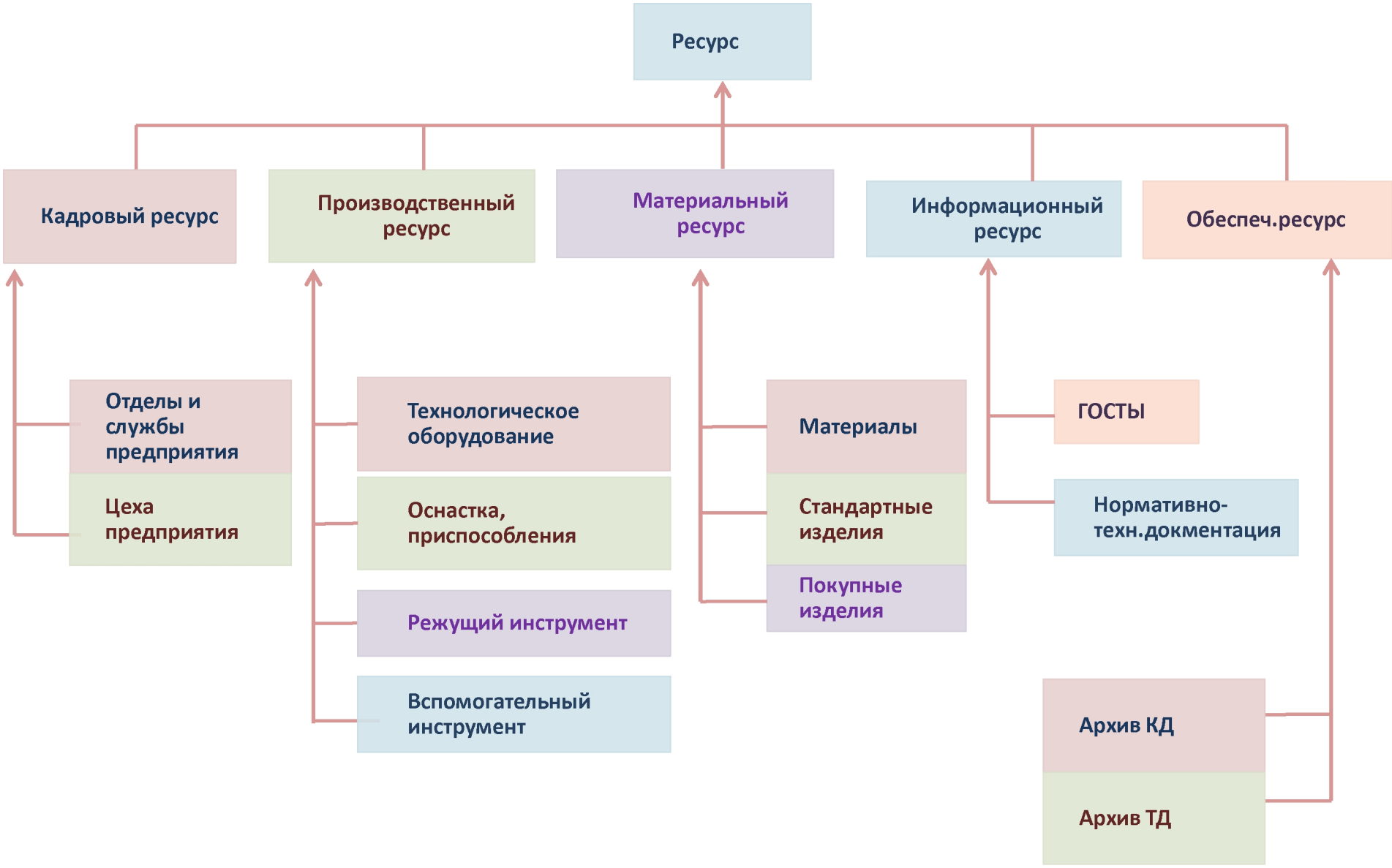


Ассоциативные связи классов при проектировании ТП

Ресурс

Под ресурсом будем понимать различные виды обеспечения, используемые при выполнении бизнес-процессов ТПП. К таким видам обеспечения можно отнести:

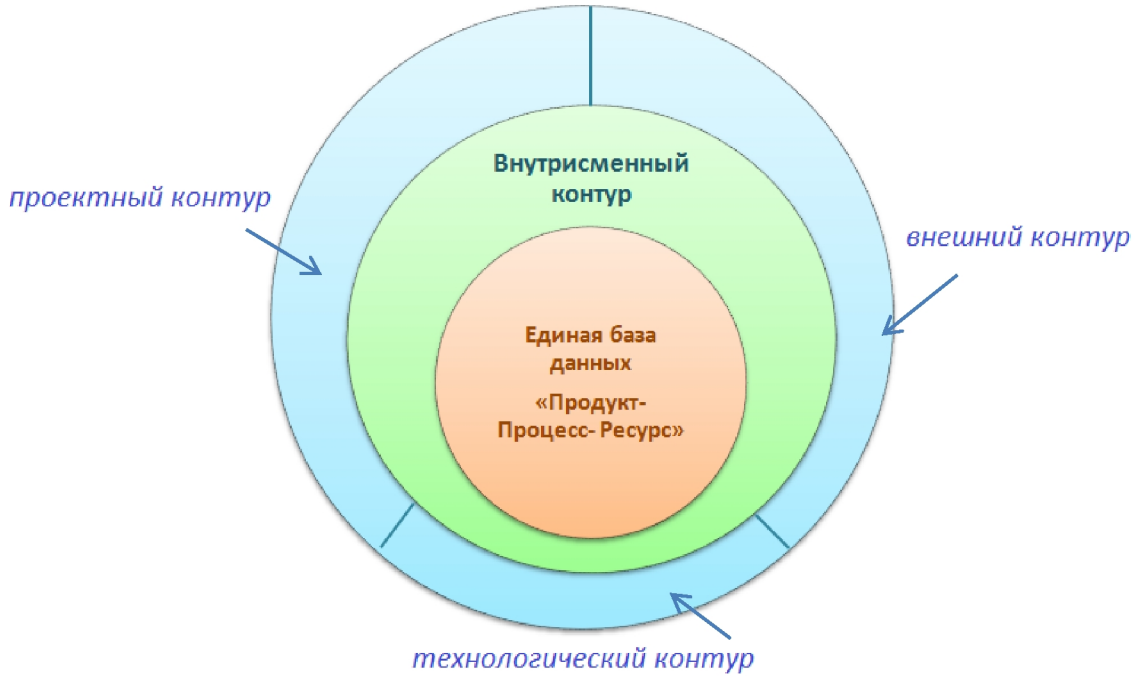




Классификация раздела "Ресурс"

Таким образом, ЕИП ТПП реализуется на основе единой базы данных "Продукт - Процесс - Ресурс", которая:

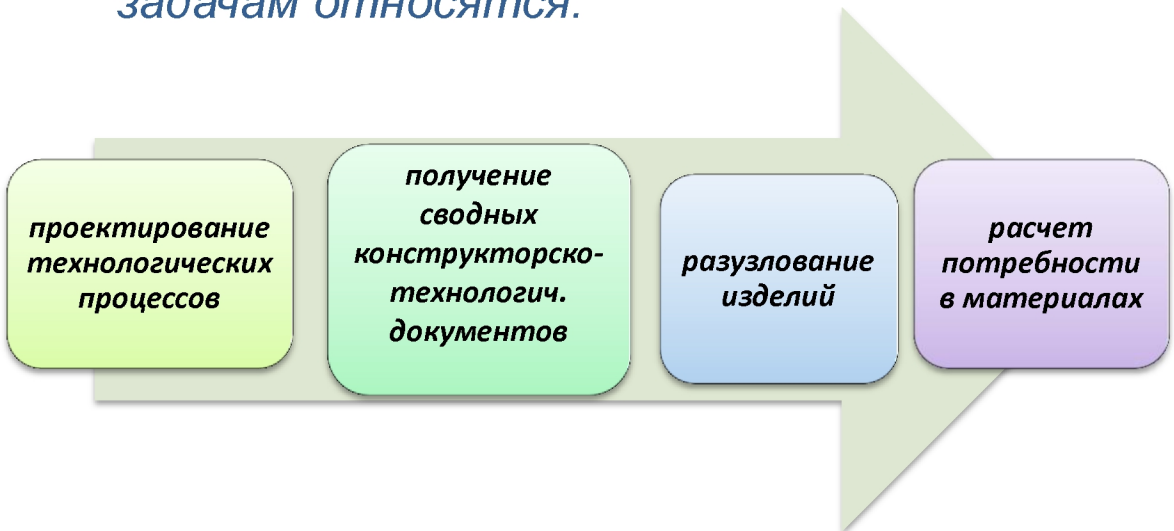
строится в соответствии с требованиями объектно-ориентированного подхода	используется совместно конструкторами, технологами и другими специалистами предприятия при выполнении бизнес-процессов ТПП	допускает ее использование на других этапах ЖЦИ



Внутрисистемный контур *представляет собой программное обеспечение PDM-системы для выполнения следующих базовых функций:*

- составление графиков производственных заданий и отслеживание их выполнения
- редактирование структуры базы данных и экранных форм отображения информации
- ввод в базу данных информации об объектах, иерархических и логических связях между объектами
- ведение состава проектов
- классификация объектов и наследование информации по иерархии классов
- ведение жизненного цикла документов
- поиск документов по учетной информации и логическим связям

Технологический контур *— это набор прикладных программ (подсистем, модулей), разработанных с помощью средств программного интерфейса API PDM.* ***Созданные прикладные программы решают такие задачи проектирования, управления и документирования в АСТПП, которые не решаются в CAD/CAM/CAE-системах и не поддерживаются "штатными" функциями PDM-системы.*** *К этим задачам относятся:*



Проектный контур представляет собой множество используемых CAD/CAM и CAE-систем. Для решения своих задач специалисты-проектировщики используют "свою" CAD/CAM-систему и соответствующие средства интерфейса (интеграции) с внутрисистемным контуром PDM.

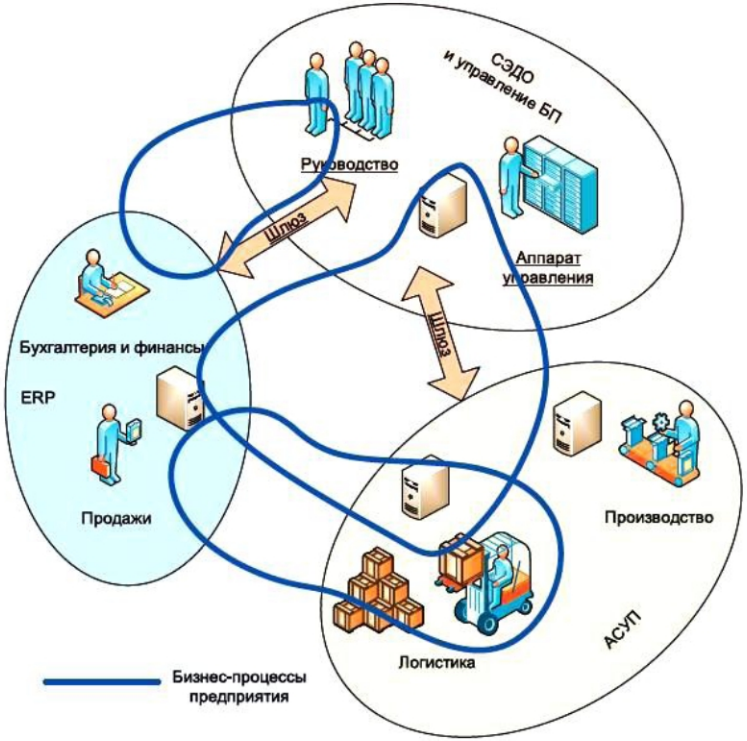
В качестве простейшего примера интеграции можно привести *обмен идентификационными данными документа*. CAD-системы имеют функцию ввода идентификационных данных (например, в основную надпись чертежа), а PDM-система имеет функцию ввода идентификационных: данных в паспорта чертежей, хранимых в базе данных. Для CAD-систем, которые интегрированы с PDM, эта функция является единой, и идентификационные данные документа достаточно ввести либо в PDM-системе, либо в CAD-системе.

Другой пример интеграции состоит в *обмене 3D-моделями*. Модели, созданные в CAD-системе, должны передаваться в PDM-систему для хранения, а модели, хранимые в PDM-системе (например, модели стандартных изделий или заимствованных деталей), должны передаваться в CAD-систему при создании моделей сборочных единиц.

Внешний контур **- это созданная потребителями информация на этапе ТПП, который обслуживает остальные этапы ЖЦИ (маркетинг, снабжение, производство, контроль, упаковка, реализация, монтаж, техобслуживание, утилизация). Рабочие места "потребителей" могут быть оснащены той же PDM, на которой реализовано ЕИП или другими системами. Для этих систем должен существовать интерфейс с основной PDM.**

Предложенная структура ЕИП ТПП, реализованная на основе объектно-ориентированного подхода в нотации UML и предполагающая последующую программную реализацию ЕИП средствами PDM-системы создает *предпосылки для последующей эффективной автоматизации проектно-технологических работ и управления бизнес-процессами ТПП в среде создаваемой АСТПП*.

Лекция 7
Функциональные модели бизнес-процессов ТПП и их реализация средствами PDM-системы

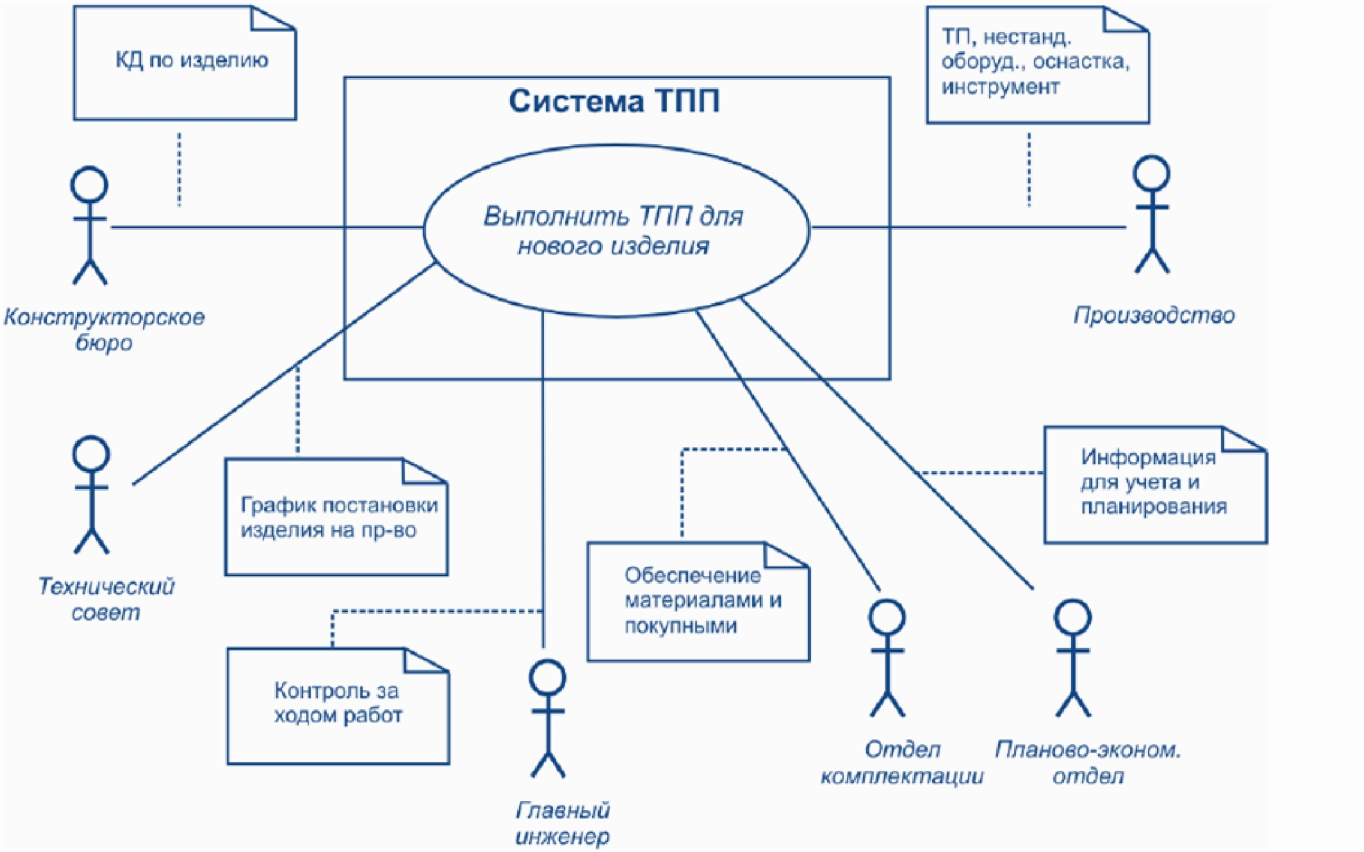


Как было показано ранее, функциональные модели бизнес-процессов в нотации UML описываются ***диаграммами прецедентов и диаграммами деятельности***. Именно в этих видах диаграмм основным структурным элементом является выполняемая функция.

Принципиальное различие между данными видами диаграмм состоит в том, что в **ДИАГРАММАХ ПРЕЦЕДЕНТОВ ФУНКЦИЯ (ПРЕЦЕДЕНТ) ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К ВНЕШНЕМУ СУБЪЕКТУ (АКТОРУ),** что существенно ограничивает возможность ее дальнейшей детализации.

В отличие от этого, **В ДИАГРАММАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФУНКЦИЯ (ДЕЙСТВИЕ) НЕ ИМЕЕТ ПОДОБНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ**, что позволяет детализировать диаграммы до той формы, в которой они непосредственно могут быть использованы при построении алгоритмов бизнес-процессов в создаваемой системе (в данном случае в АСТПП).

Следует отметить, что диаграммы бизнес-процессов ТПП, при любом уровне абстракции, не могут быть полностью независимыми от особенностей конкретного предприятия.



Общая диаграмма прецедентов для системы ТПП

Основные функции ТПП:

- ✓**отработка изделия на технологичность;**
- ✓**проектирование нестандартного оборудования (НСО);**
- ✓**проектирование оснастки или средств технологического оснащения (СТО);**
- ✓**проектирование технологических процессов (ТП).**

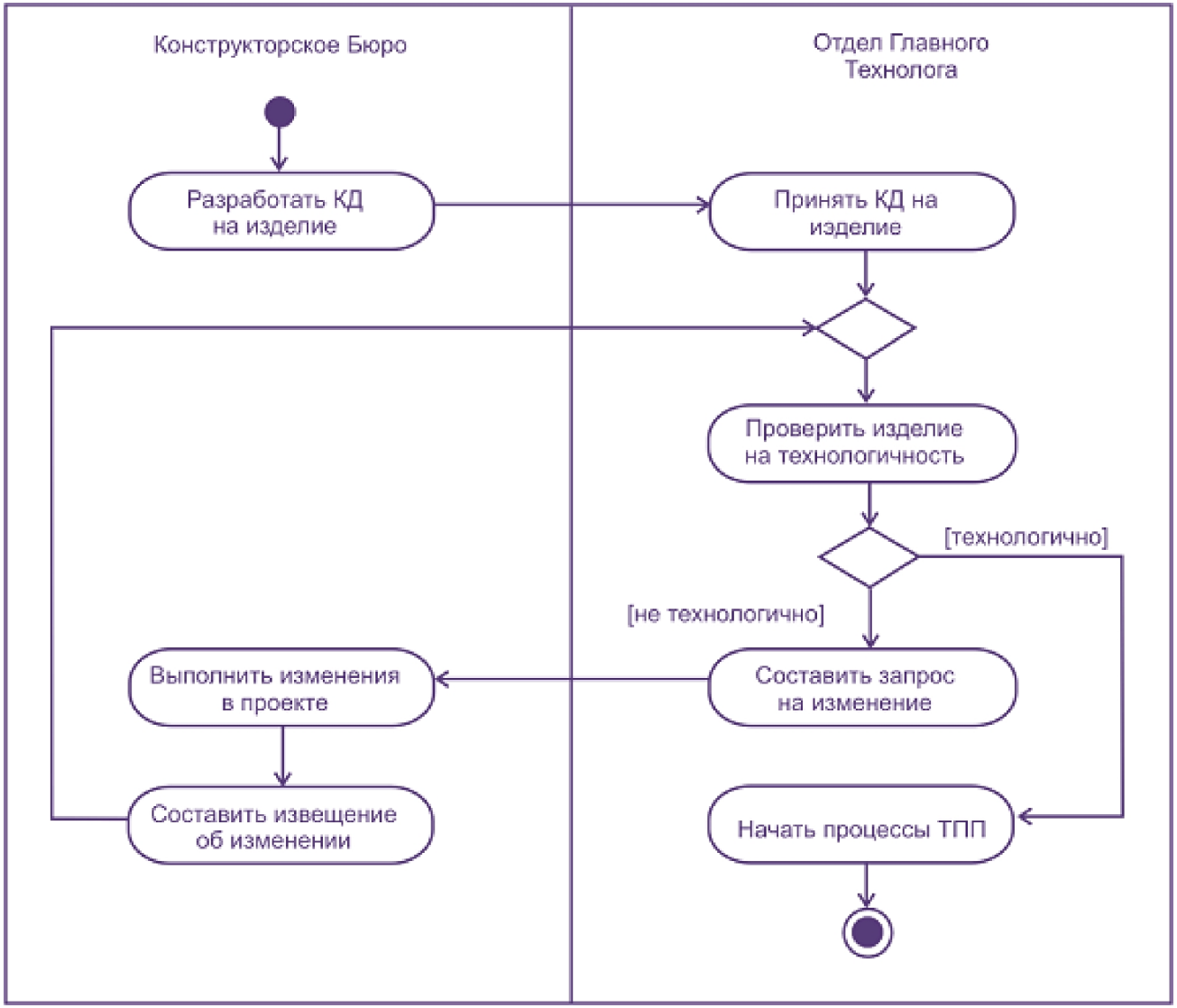


Диаграмма деятельности для функции ТПП "Отработка изделия на технологичность"

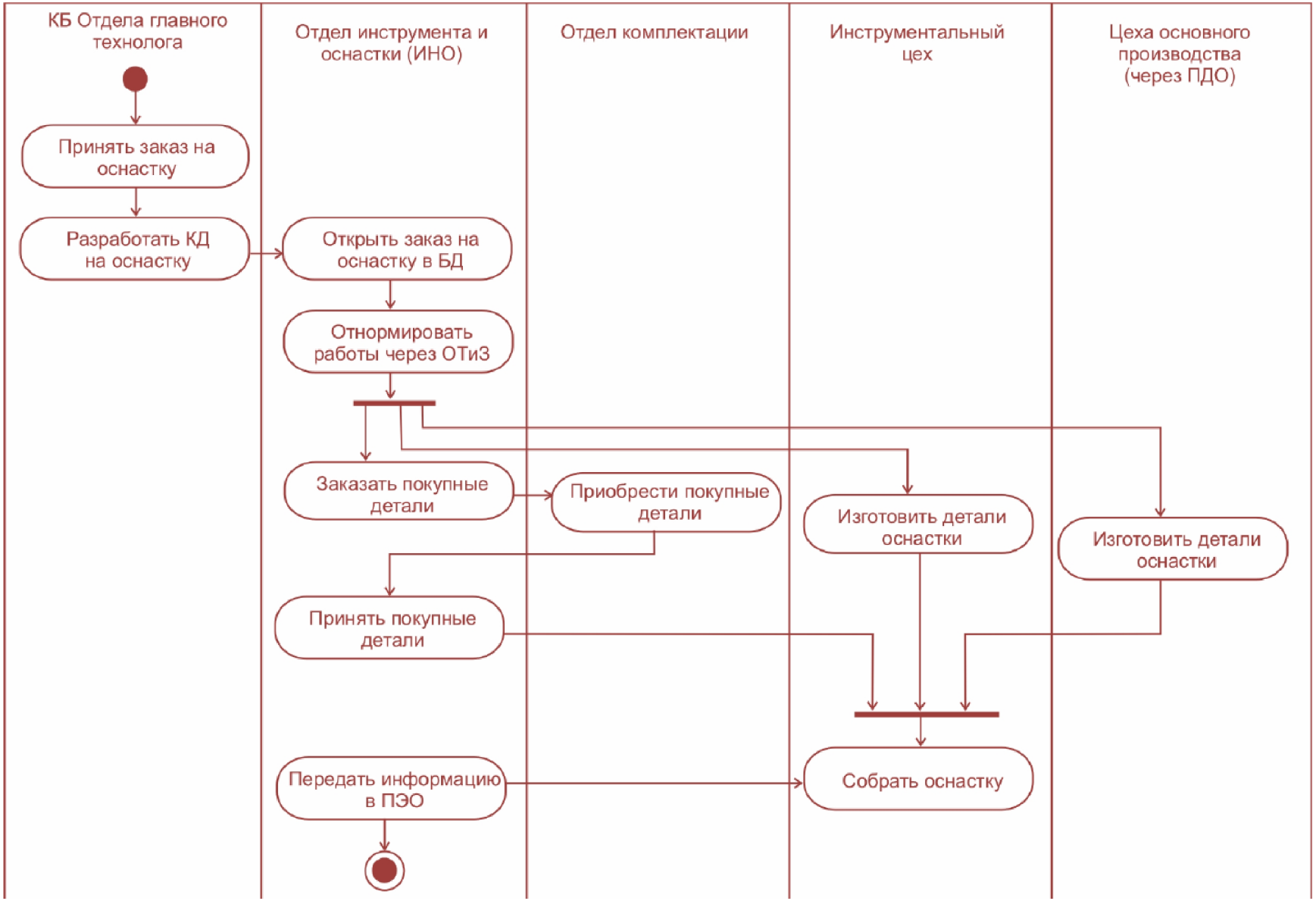


Диаграмма для проектирования и изготовления оснастки

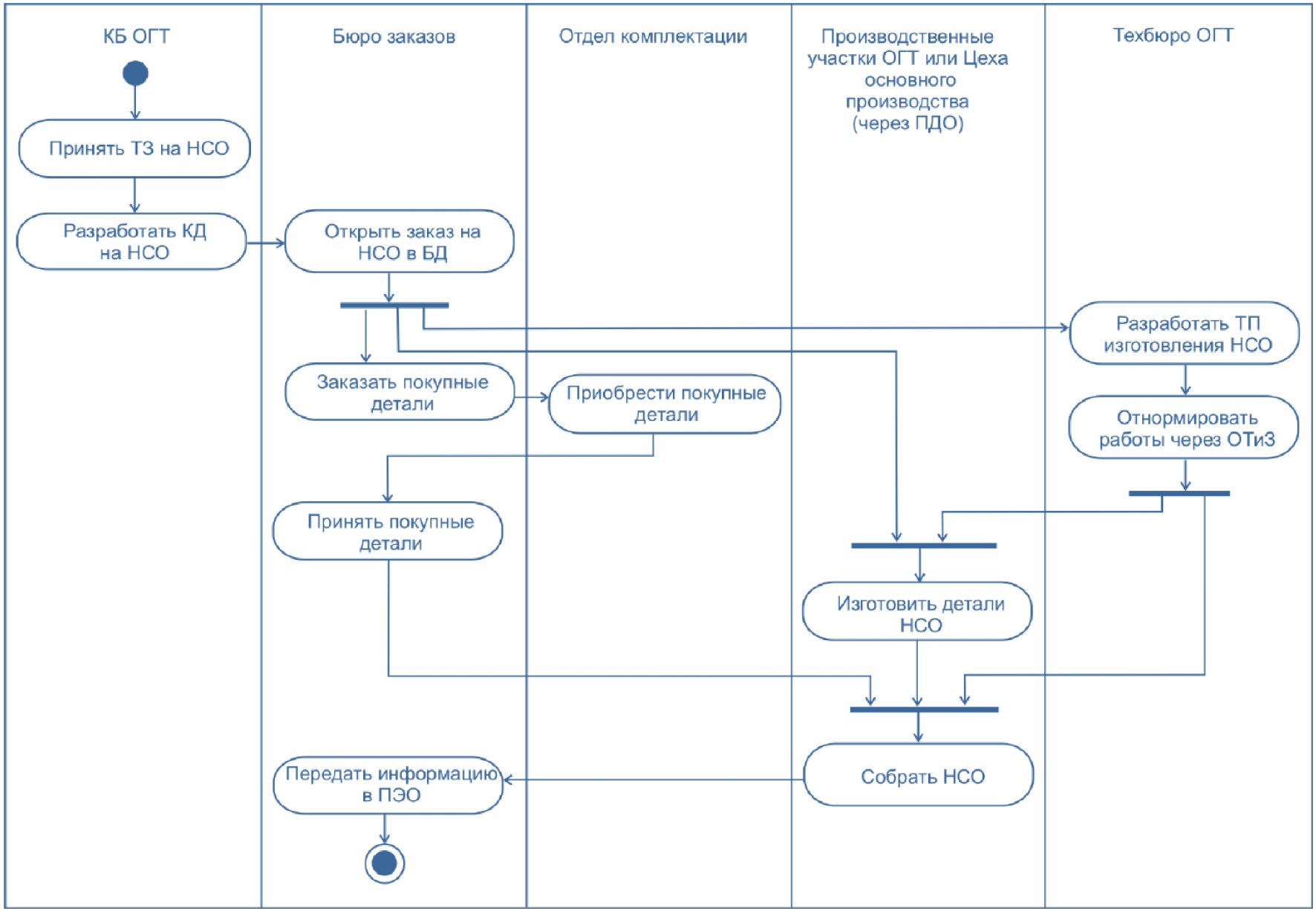


Диаграмма для проектирования и изготовления НСО

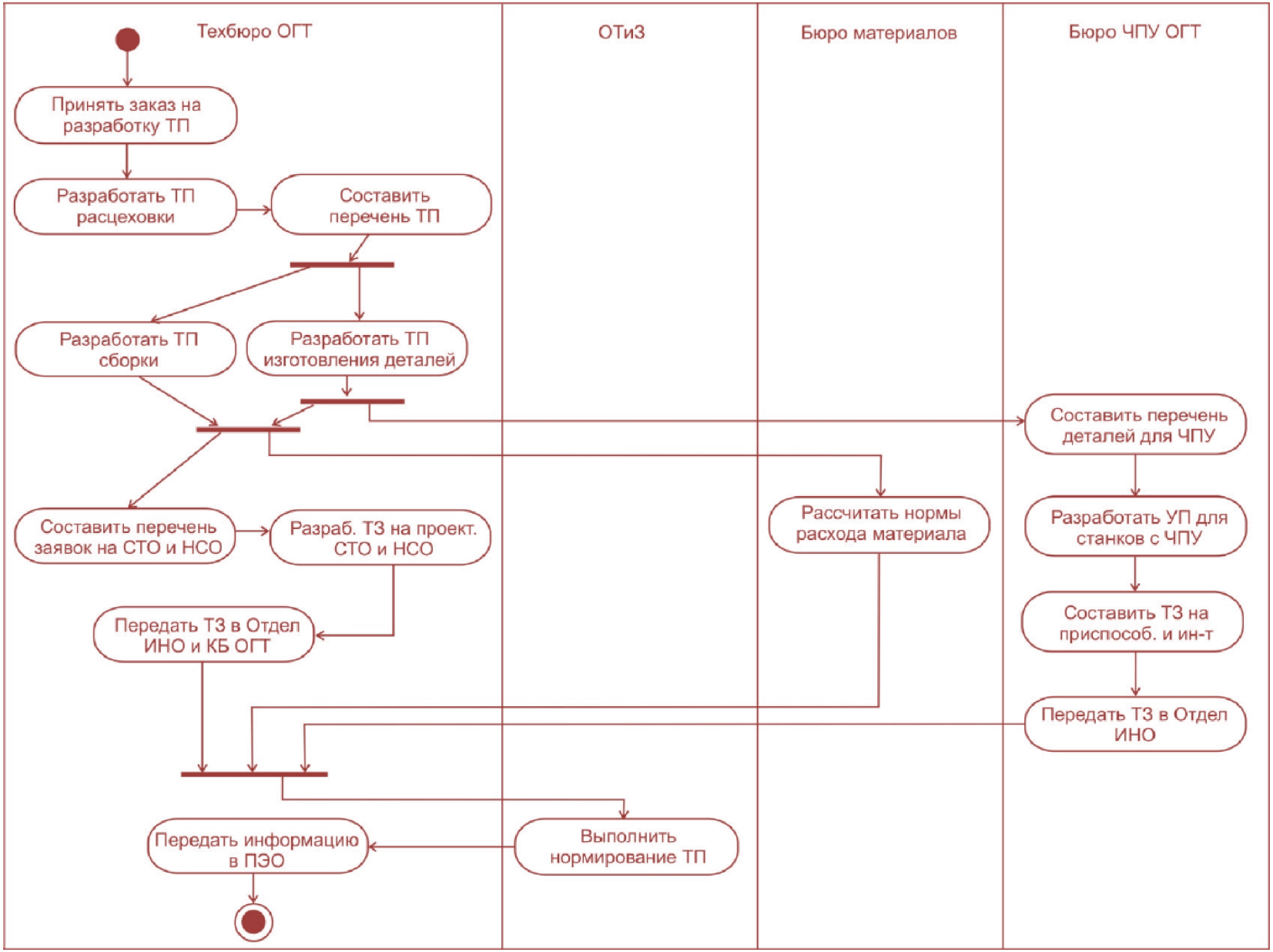
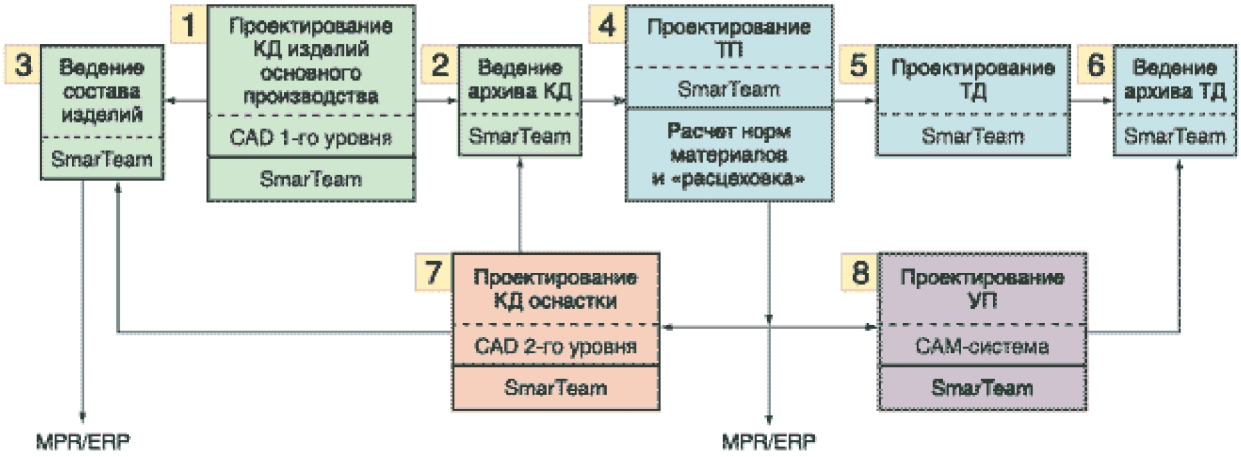


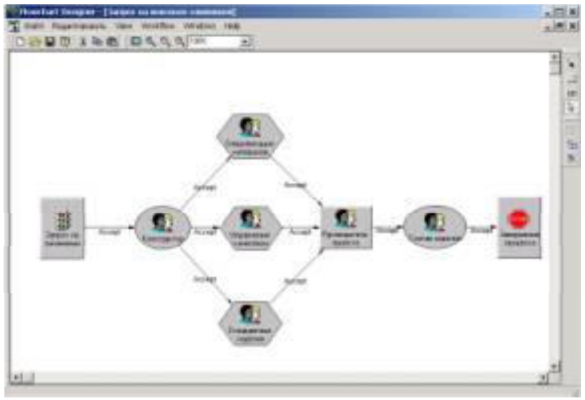
Диаграмма для проектирования ТП

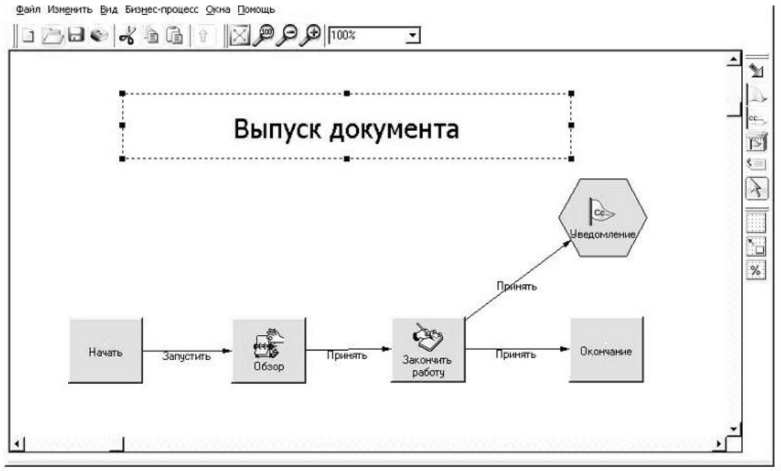
Особенности предприятия на данных диаграммах выражаются не столько в конкретных названиях отделов, сколько в специфике реализации отдельных функций - например, для изготовления деталей НСО или оснастки могут использоваться не только мощности инструментального цеха, но и некоторые цеха основного производства. Определенная специфика имеется также в процессе организации проектирования ТП, включая разработку управляющих программ для станков с ЧПУ. Тем не менее, приведенные на диаграммах формы организации бизнес-процессов ТПП имеют достаточно типовой характер и могут рассматриваться в качестве аналогов.



Чтобы проанализировать дальнейшую детализацию, необходимо более конкретно обрисовать ее конечные формы, то есть формы реализации механизмов управления потоками производственных заданий (Workflow) в PDM-системе. Поэтому рассмотрим кратко реализацию механизмов Workflow в PDM-системе SMARTEAM.







Узел определяет производственное задание и его характеристики. При составлении производственного задания для каждого узла указываются такие свойства, как пользователь, действия которого в рабочем процессе соответствует этому узлу графика заданий, и задание, которое он должен выполнить, а также сроки или другие условия выполнения задания. В принципе можно создавать такие узлы, задания в которых будут выполняться не пользователем, а самой системой SMARTEAM (например, передача данных или выдача сообщений).

Задания бывают трех типов:

Ручное задание. Пользователь просто выполняет то, что ему предписано в этом узле, и отсылает результаты дальше

Операция. Пользователь должен совершить какое-либо стандартное действие, поддерживаемое системой, например, "Взять на изменение", "Утвердить" и т. д.

Скрипт. В этом случае пользователь узла должен запустить составленную ранее программу (скрипт), которая выполнит необходимые действия

График заданий имеет один стартовый (начальный) узел, соответствующий началу работ, и один конечный узел, достижение которого говорит о завершении выполнения графика. График описывает общую схему производственного процесса безотносительно к объекту, для которого этот процесс применяется. После того, как график создан, он может быть использован для запуска процесса выполнения конкретного задания.

Сам процесс выполнения происходит следующим образом. После инициирования процесса в стартовом узле графика, инициируются те узлы, которые связаны соединителями со стартовым узлом. Пользователи, прикрепленные к этим узлам, средствами внутренней электронной почты получают директивы (уведомления) о необходимости выполнить указанные задания. Вместе с директивами передается вся необходимая для работы информация. После того, как пользователь выполнил задание, он сообщает системе о выполнении. Это инициирует следующие узлы графика, которые имеют соединения с данным узлом и т. д., до завершения выполнения всех работ в конечном узле графика. Выполненные узлы задания имеют специальную цветовую пометку, что позволяет легко контролировать общее состояние работ.

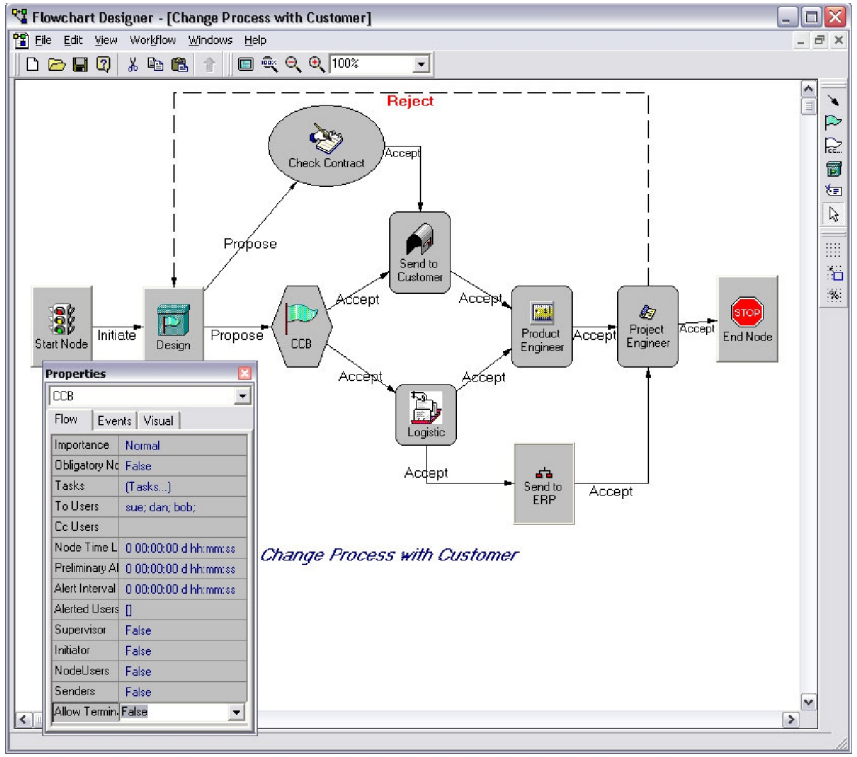
Графики заданий предусматривают возможность создания последовательных, параллельных, а также комбинированных путей (соединений).

Задания в графиках могут иметь так называемые триггеры (переключатели) событий, которые срабатывают либо когда задание получено, либо когда задание выполнено.

С помощью триггера событий можно инициировать другой график заданий или программу - скрипт, обеспечивая большую гибкость выполняемых действий.

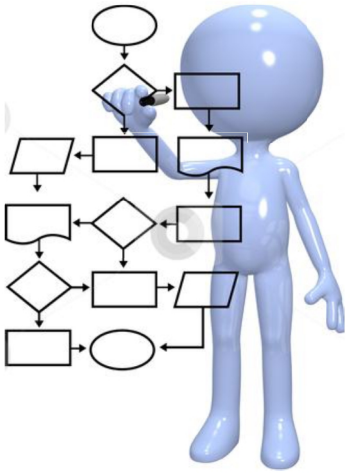
Любое задание может находиться или в одном из "стандартных" состояний (work-in-process - не завершено; registered - зарегистрировано; controlled - контролируется; released - утверждено; frozen - заморожено), или в одном из состояний, заданных пользователем в процессе выполнения действий

Графики заданий создаются с помощью специального компонента SMARTEAM - программы Flow Chart Designer с графическим интерфейсом.



Графики производственных заданий (детализированные бизнес-процессы) хранятся в ЕИП ТПП как данные и являются неотъемлемой частью ЕИП. Доступ к этим данным и работа с ними реализуются механизмами Workflow PDM-системы.

Перечень подлежащих выполнению заданий представлен в MS Project в виде диаграмм Ганта, что позволяет более наглядно видеть имеющийся план и корректировать его. Поскольку интеграция SMARTEAM и MS Project является двунаправленной, то пользователь всегда может выбрать ту форму представления бизнес-процессов, которая в данный момент является для него более удобной, и работать с ней.



Отметим, что узлы диаграммы (действия) соответствуют узлам графика Workflow, а отношения между узлами (связи) - соединителям графика. Узел графика характеризуется также исполнителем данного действия; на диаграмме такой исполнитель соответствует конкретной дорожке. Однако дорожка может соответствовать как отдельному исполнителю, так и производственному подразделению, а исполнитель в узле графика Workflow соответствует автоматизированному рабочему месту. Это важное различие требует установления определенных правил перехода от диаграмм деятельности к графикам Workflow. В качестве таких правил можно сформулировать следующие.

1.К диаграммам - прототипам графиков Workflow можно переходить только после определения состава автоматизированных рабочих мест (АРМ), имеющих возможность работы с механизмами Workflow PDM-системы и состава специалистов ТПП, имеющих доступ к этим АРМ.

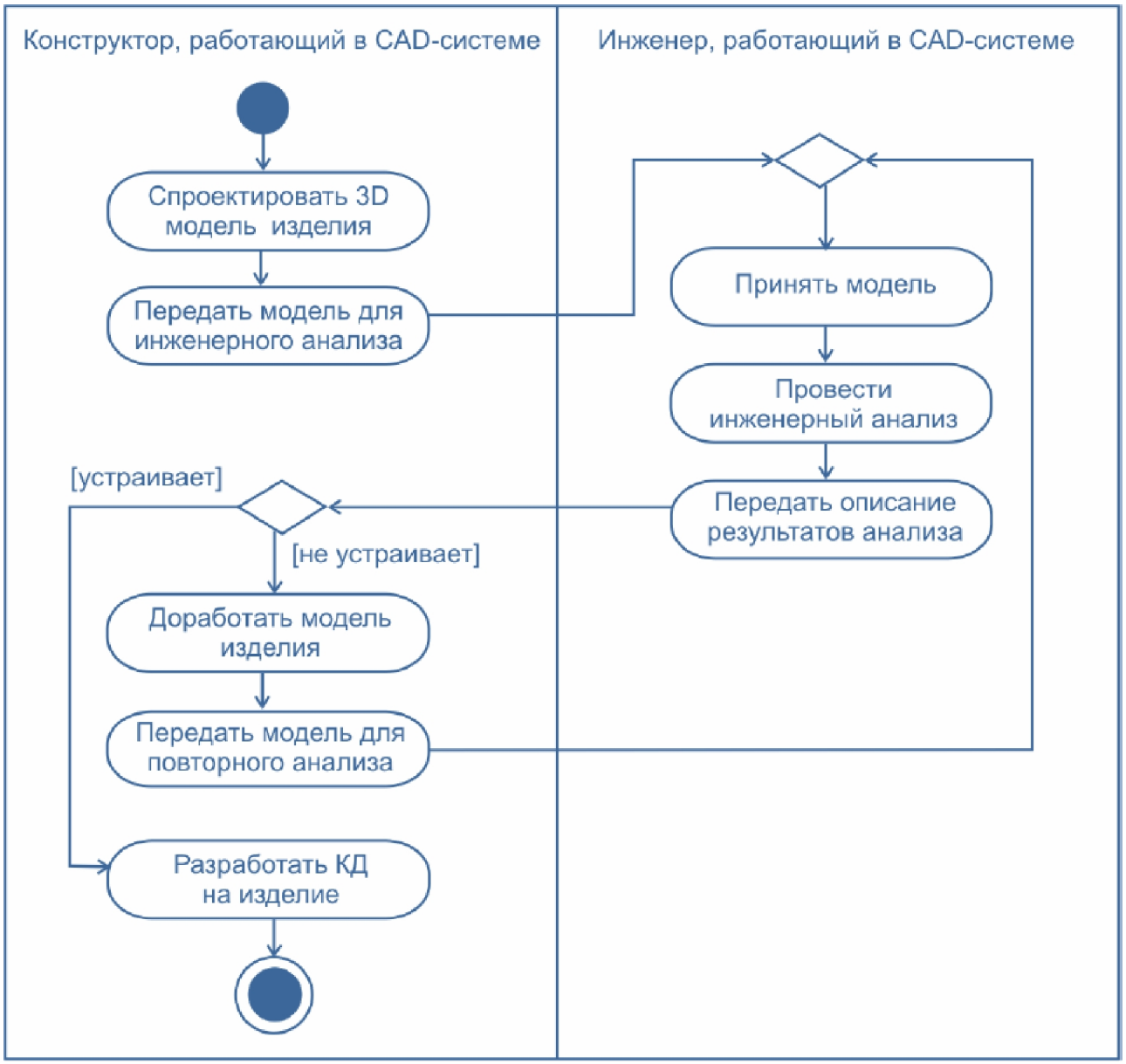
2.Каждая дорожка диаграммы - прототипа должна соответствовать специалисту (конструктору, технологу, нормировщику, начальнику отдела и т.д.), участвующему в управлении процессами ТПП с использованием данного АРМ.

3.Если имеющий АРМ специалист является руководителем группы исполнителей, не имеющих доступа к средствам Workflow (например, начальник КБ оснастки, состоящего из 5 конструкторов, не имеющих доступа к этому АРМ), то его функции на диаграмме деятельности соответствуют функциям всей группы.

Данные правила учитывают возможность самых разнообразных конфигураций средств САПР (CAD/CAE/CAM) и средств Workflow PDM-системы для управления процессами ТПП. Например, возможны следующие конфигурации:



Отметим, что в ряде случаев имеет смысл описывать в диаграммах деятельности те процессы, которые реализованы "внутри" уже выбранных базовых систем. Например, если выбранная CAD-система обеспечивает автоматизированное сквозное решение всех вопросов проектирования формообразующей оснастки и инструмента (построение формообразующих поверхностей на основании модели изделия, построение формообразующих элементов оснастки, проектирование конструкции пресс-формы с использованием стандартных деталей, проектирование электродов для прошивной электроэрозионной обработки, получение всей необходимой чертежно-конструкторской документации), то следует описать эти функции на уровне диаграммы деятельности, так как перечисленные функции могут быть разделены между разными исполнителями.



Данная диаграмма выявляет последовательность работ и формы обмена информацией, поэтому она может быть использована для реализации управления процессом выполнения работ в PDM-системе средствами Workflow

Диаграмма совместной работы при проектировании и инженерном анализе

Построение модели изделия и получение конструкторской документации (КД) выполняется в CAD-системе одним специалистом, а задачи инженерного анализа проектируемого изделия решаются другим специалистом в CAE-системе.
Диаграммы могут служить только средством детального анализа предметной области и последующей формализации описания бизнес-процессов с целью автоматизации процессов управления ТПП.

Удобство перехода от диаграмм деятельности к графикам Workflow иллюстрирует преимущества использования диаграмм UML по сравнению с диаграммами IDEFO, преобразование которых в графики Workflow не столь очевидно. Отметим, что переход от диаграмм классов UML к классификации объектов средствами PDM-системы также не вызывает затруднений, что еще раз подтверждает эффективность использования графического языка UML при построении АСТПП.

Лекция 8
Ведение конструкторских и технологических проектов в среде PDM-системы

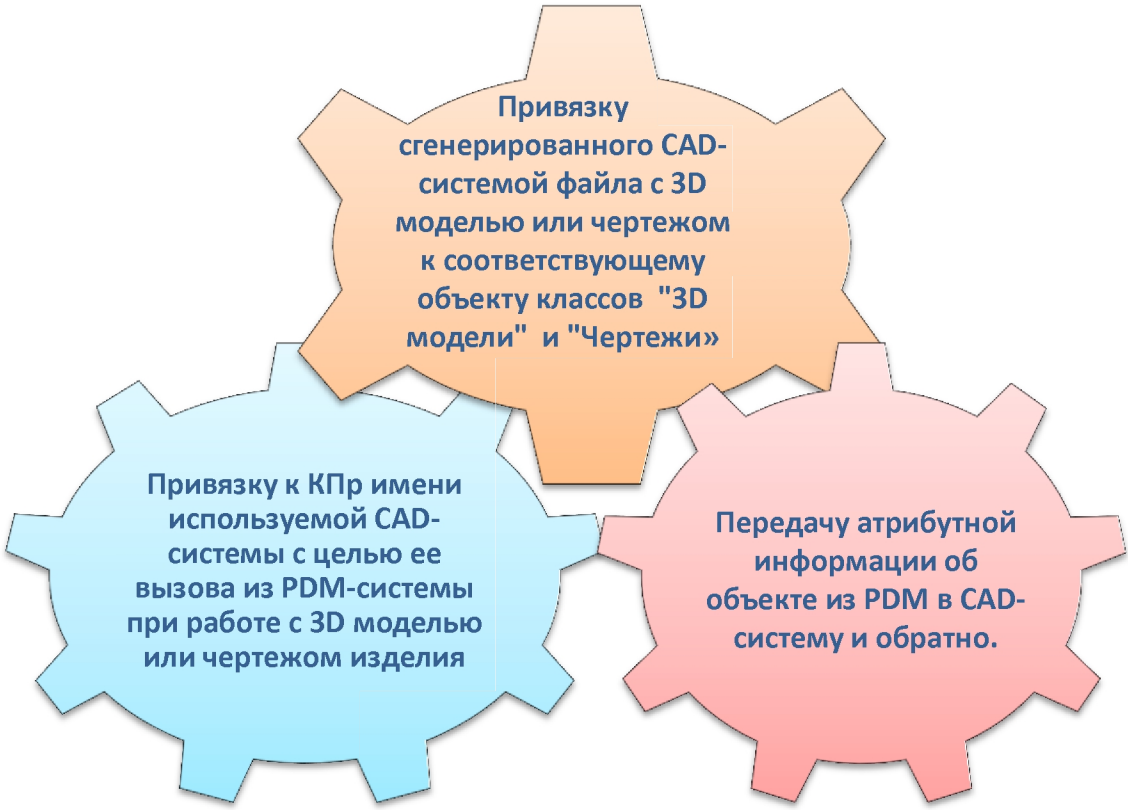




Каждый проект основного изделия сопровождается в АСТПП конструкторскими проектами (КПр) изделий (НСО, оснастка, инструмент) и разработанными ТП изготовления основного изделия, которые можно назвать технологическими проектами (ТПр).

Ранее было отмечено, что КПр описывается своей конструкторской документацией, к которой относятся модели, чертежи и текстовые документы. При этом если создание моделей и чертежей является прерогативой CAD-систем, то *формирование текстовых документов* наиболее целесообразно выполнять в среде *PDM-системы*. Это обусловлено с одной стороны тем, что в PDM содержится необходимое для их генерации полное описание структуры и содержания проекта, а с другой - тем, что эти документы должны являться частью ЕИП.

Необходимым условием ведения КПр в ЕИП является интеграция используемых CAD-систем с PDM-системой. Такая интеграция должна включать:

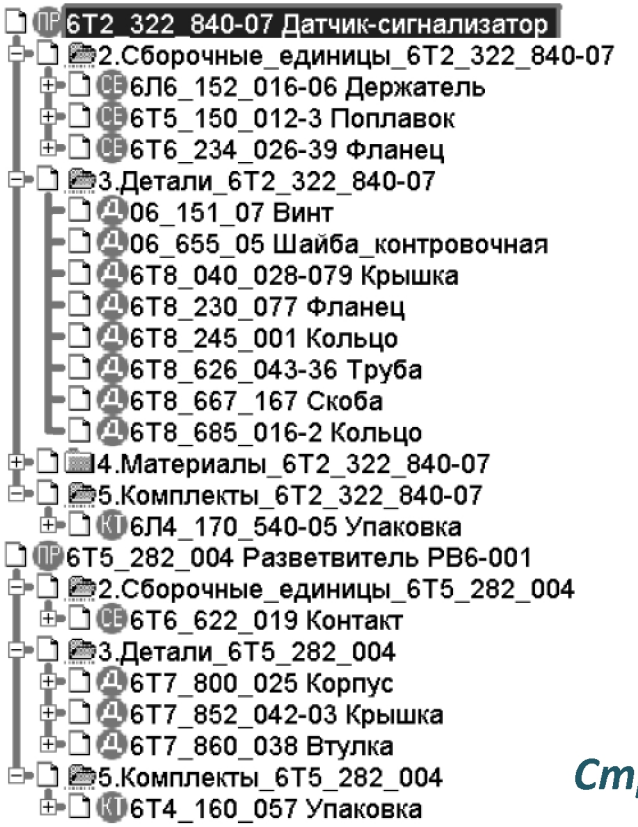


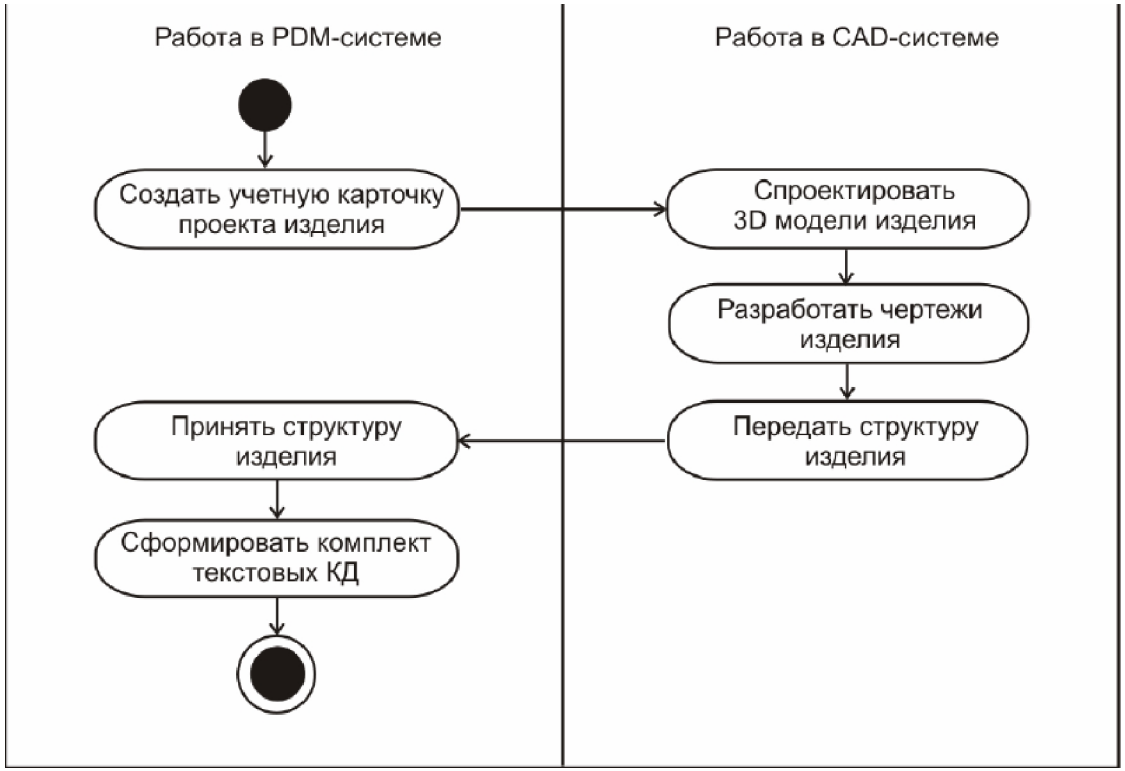
Первый и второй элементы интеграции обеспечиваются введением атрибутов "Имя CAD-системы" в набор атрибутов класса "Проект изделия" и атрибута "Имя файла" в наборы атрибутов соответствующих классов. Третий элемент интеграции требует наличия в PDM и CAD системах специальных интерфейсов. Так, например, PDM SMARTEAM имеет интерфейсные модули интеграции с CAD-системами CATIA, Pro/Engineer, SolidWorks и др.
PDM SMARTEAM взаимодействует с интегрированными с ней CAD-системами посредством выполнения **следующих функций:**



Первоначальное создание проекта изделия, как и формирование текстовых конструкторских документов, целесообразно выполнять в PDM-системе: при этом вводятся общие атрибуты проекта (обозначение, наименование, дата начала разработки и др.) и проект становится элементом базы данных.

После окончания ввода осуществляется передача этих данных в CAD-систему, в которой выполняется процесс создания 3D моделей и чертежей изделия. По завершении данные о составе и структуре изделия передаются в PDM-систему, которая принимает их и преобразует в соответствии со структурой базы данных ЕИП

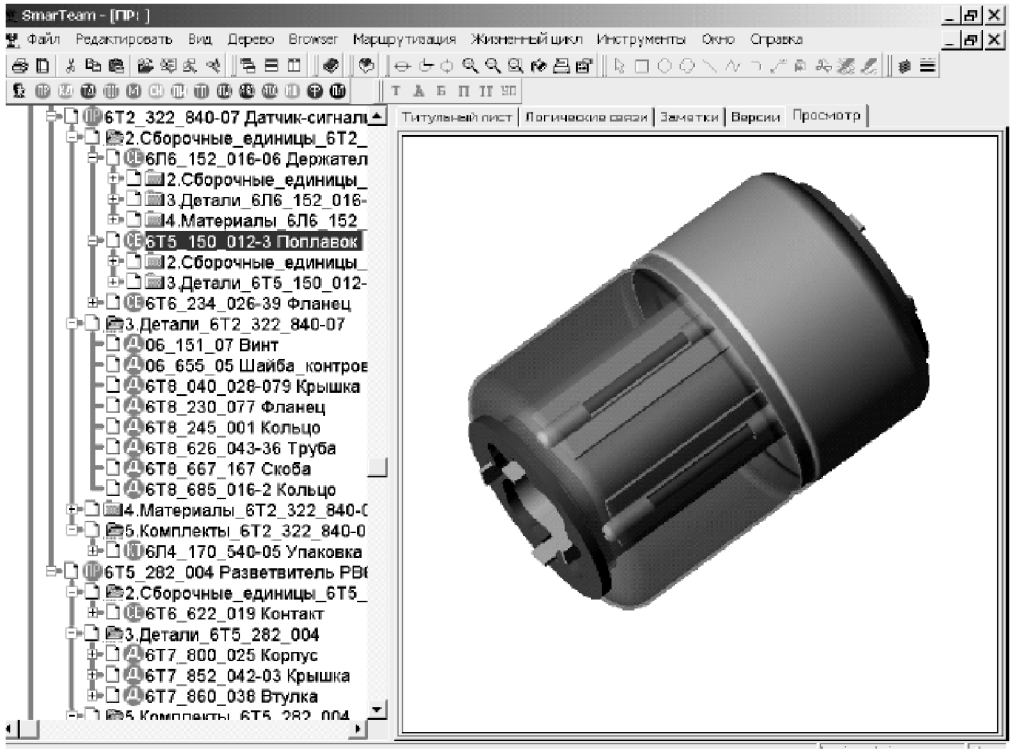




Структура дерева проекта в PDM SMARTEAM

Преобразование структуры проекта в PDM-системе заключается в том, что все входящие в состав объекты размещаются (при сохранении связей между ними) в соответствующих им классах "Сборочные единицы", "Детали", "Модели", "Чертежи", "Стандартные изделия" и др. Визуально структура проекта отображается на экране компьютера в его левой части.

Отметим, что данное преобразование структуры проекта (как и формирование текстовых конструкторских документов) не является "штатной" функцией PDM-системы, а реализуется в виде специального приложения PDM средствами API.

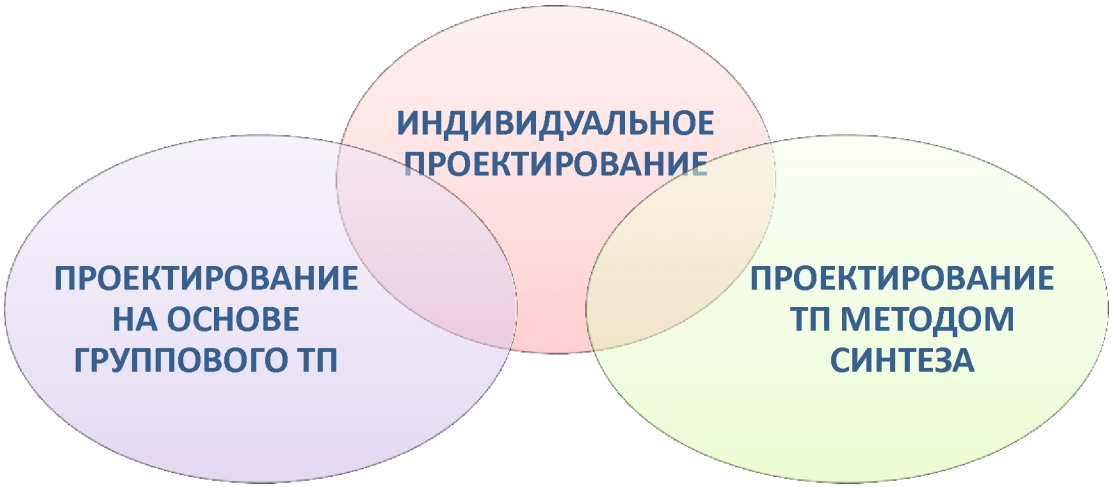


Графический просмотр объекта проектирования

Ведение технологических проектов

Схема ведения ТПр, как и схема ведения КПр, тесно связана с методами, используемыми для автоматизации решения проектных процедур. Если для КПр такие методы определяются выбранной CAD-системой, то для ТПр они зависят от возможностей используемой САПР ТП, решающей задачи построения маршрутно-операционных ТП механообработки, сварки, сборки и др.

Как известно, существует три основных метода автоматизированного проектирования ТП:



Метод индивидуального проектирования

«Ручная" компоновка необходимой последовательности операций и переходов с использованием имеющейся в САПР ТП базы данных. Эта база содержит списки наименований операций и переходов, перечни применяемого оборудования, приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента. Индивидуальное проектирование предполагает также возможность использования разработанных ранее ТП (в качестве ТП - аналогов). При этом проектирование по существу сводится к редактированию уже имеющегося ТП. Сам выбор ТП - аналога представляет собой отдельную задачу, которая решается по схеме: "Данная деталь" -> "Деталь-аналог" -> "ТП-аналог". Иначе говоря, для поиска ТП - аналога необходимо решить задачу поиска детали-аналога. При этом могут использоваться специальные классификаторы деталей и алгоритмы поиска.

Проектирование на основе группового ТП

Базируется на предварительно выполненном группировании деталей и разработанных групповых ТП. При этом групповой ТП используется в качестве "шаблона", который настраивается на параметры конкретной детали. Основной проблемой здесь является группирование деталей. Существует три методики группирования: на основе использования классификатора деталей; путем отбора деталей из базы данных на основании составленного технологом запроса; алгоритмическое формирование групп деталей в n-мерном пространстве признаков. Реализация любого из этих методов требует выполнения значительного объема предварительных работ: в первом случае это классификация и кодирование деталей, в двух других — приобретение и освоение соответствующего программного обеспечения, его настройка и формирование базы данных деталей.

Метод синтеза ТП

Состоит в алгоритмическом формировании ТП на основании имеющегося геометрического описания детали. Так как не существует строгих математических методов формирования структуры ТП на основании описания детали, то алгоритмы синтеза носят в основном эвристический характер и являются действительными только в пределах некоторых (выбранных и оговариваемых заранее) групп или классов деталей.

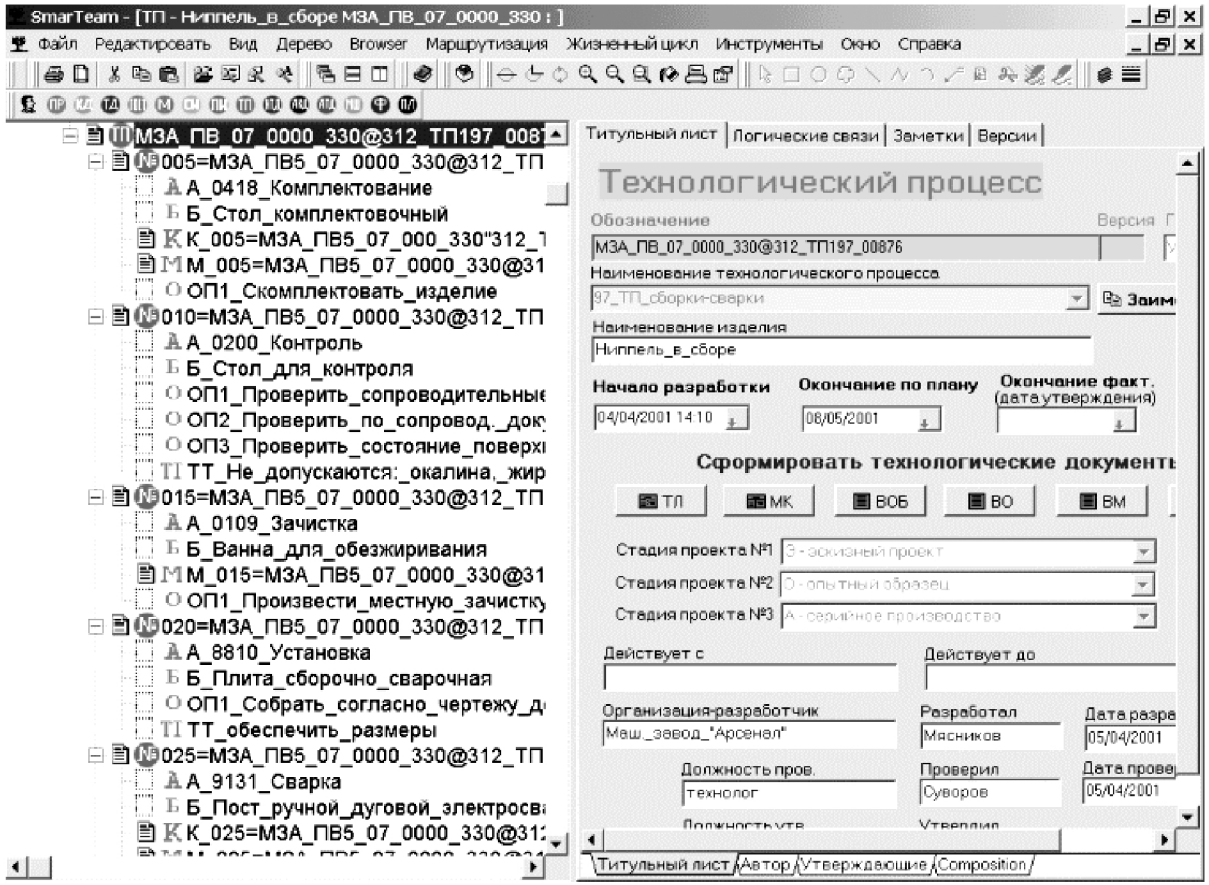
Формируемые этими системами ТП размещаются в файлах или в локальных БД, что требует наличия специальных интерфейсных программ для "перекачки" ТП в единую базу данных ТПП.

САПР ТП использует в своей работе собственную базу данных. Однако единая база данных ТПП также содержит информацию об оборудовании, оснастке и инструменте.

Возникает ненужное дублирование информации и необходимость обслуживания нескольких баз вместо одной.

Возможная же интеграция САПР ТП с единой базой данных может оказаться затруднительной из-за того, что описание данных в САПР ТП не совпадает с аналогичным описанием в единой базе данных.

Для устранения этих проблем предлагается принципиально новое решение, которое заключается в разработке САПР ТП (реализующей метод индивидуального проектирования) в среде PDM-системы. Это автоматически обеспечит интеграцию результатов проектирования в ЕИП ТПП, так как все элементы проектируемого ТП размещаются непосредственно в ЕИП в соответствии с принятой классификацией объектов. Предлагаемое решение реализовано средствами PDM-системы SMARTEAM.



Можно добавлять, удалять или заменять узлы дерева, описывать их конкретные характеристики. При этом определяется последовательность операций в маршрутном ТП, последовательность переходов в операционных ТП, выбирается оборудование, оснастка и инструмент, указываются режимы обработки. Все эти действия осуществляются с использованием соответствующих разделов базы данных.

Проектируемый ТП формируется в виде некоторой информационной модели. Благодаря реализованному в PDM объектно-ориентированному подходу информационная модель ТП не содержит в себе непосредственно тех данных, которые были "взяты" из базы при проектировании ТП (например, наименования операций и переходов, сведения о режущем инструменте, нормативно-справочная информация и др.). Она содержит в себе только ссылки - специальные указатели на местоположение этих данных. Это позволяет не только исключить ненужное дублирование информации. Любое изменение элемента базы данных (например, наименования приспособления или инструкции по технике безопасности) приводит к тому, что эта информация автоматически "заменяется" во всех разработанных ТП. Тем самым автоматически обеспечивается соответствие информации, содержащейся в ТП, и информации различных разделов базы данных.

После того, как проектирование ТП завершено, выполняется его нормирование и ТП поступает на утверждение. Комплект технологических документов (ТД) размещается в классе "Технологическая документация". По запросу пользователя, комплект ТД или отдельные документы могут быть выведены на печать.

Некоторые технологические документы по своему содержанию являются не текстовыми, а текстово - графическими. К таким документам относятся карта эскизов, карта наладки и карта заказа оснастки. Их формирование осуществляется в два этапа:

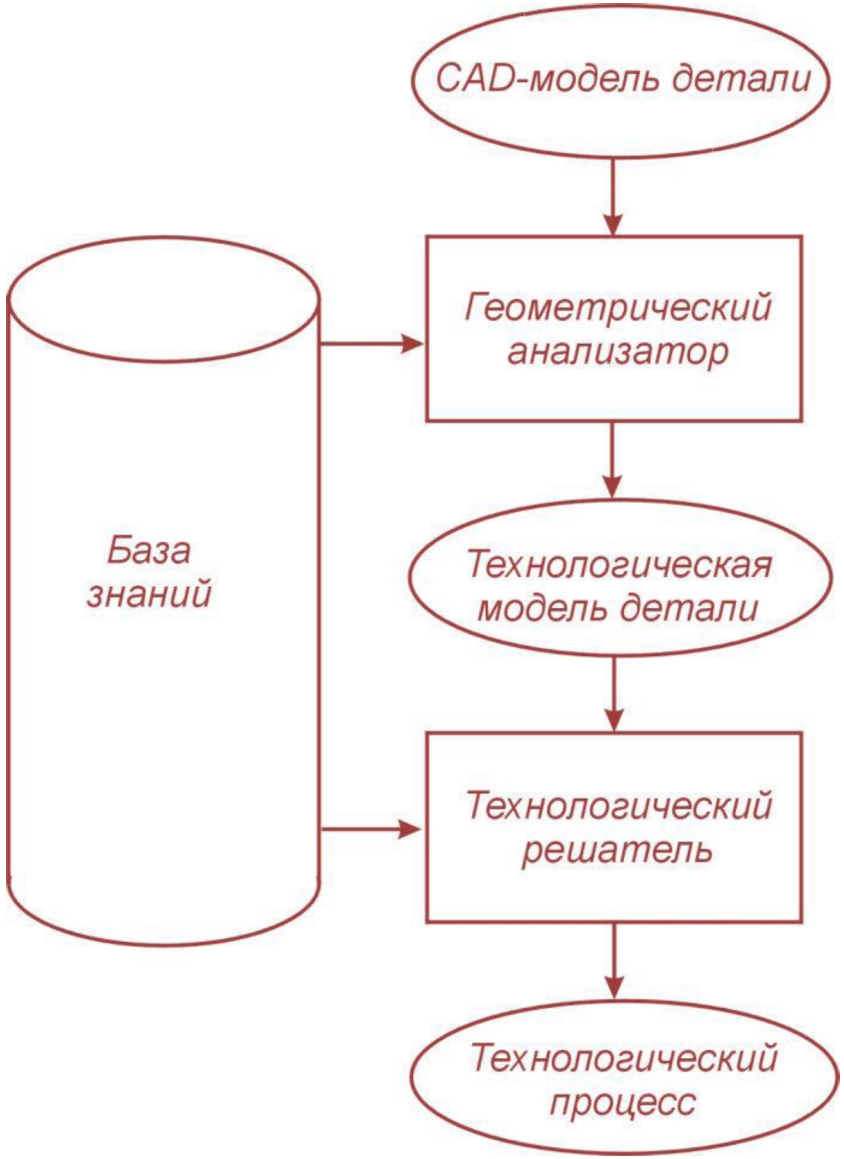
Проектирование графического изображения (эскиза) в CAD-системе или его сканирование с готового чертежа.	***Формирование текстовой части документа на соответствующем макете бланка и включение графического изображения в документ в PDM-системе.***

Разработка операционного эскиза в CAD-системе может быть выполнена путем непосредственного проектирования (то есть "с нуля") или на основе имеющейся модели (либо чертежа) изделия. Если несколько последовательных операций в ТП содержат эскизы, то можно строить текущий эскиз, используя в качестве "заготовки" предыдущий. При этом используется модель текущего состояния заготовки, которая последовательно трансформируется от своего исходного состояния до состояния готовой детали.

Таким образом, реализация метода индивидуального проектирования ТП средствами PDM-системы обеспечивает решение поставленной выше задачи: результаты проектирования размещаются в ЕИП и становятся доступными широкому кругу специалистов.

Однако сам уровень автоматизации проектирования ТП, при использовании метода индивидуального проектирования, остается невысоким. Поэтому проблема синтеза ТП с применением методов искусственного интеллекта по-прежнему является актуальной.

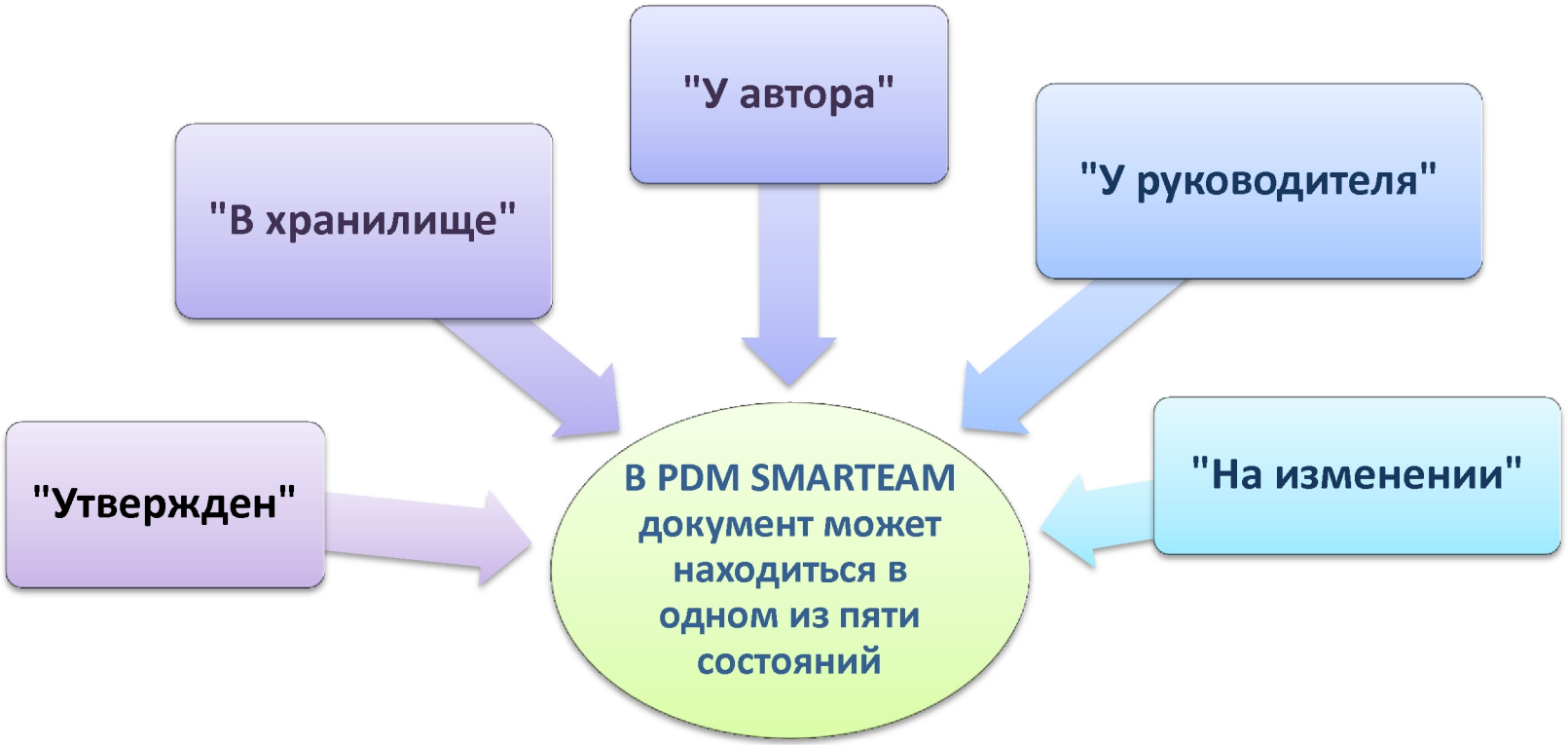
В настоящее время, с учетом использования CAD-систем для автоматизации конструирования, геометрия требуемой детали может быть получена из CAD-системы. Недостатком получаемой CAD-модели является то, что она не содержит набора технологических признаков (атрибутов), необходимых для проектирования ТП. Поэтому нужна специальная программа ("Геометрический анализатор"), которая на основании CAD-модели формировала бы технологическое описание детали.



Общая схема проектирования ТП на основе CAD-модели методом синтеза

Ведение электронного архива

Электронным архивом конструкторской документации (КД) и технологической документации (ТД) является СОВОКУПНОСТЬ КД (ТД) В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ С СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ УЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ, КОТОРАЯ ПОДДЕРЖИВАЕТ СТАТУС КД (ТД) В КАЧЕСТВЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТА ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ И/ИЛИ ХРАНЕНИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ СТАНДАРТОВ. Электронный документ в PDM-системе SMARTEAM представляется учетной карточкой, содержащей идентификационные характеристики документа и присоединенным к ней файлом с содержательной информацией (файл 3D модели, файл чертежа, текстовый файл и др.).



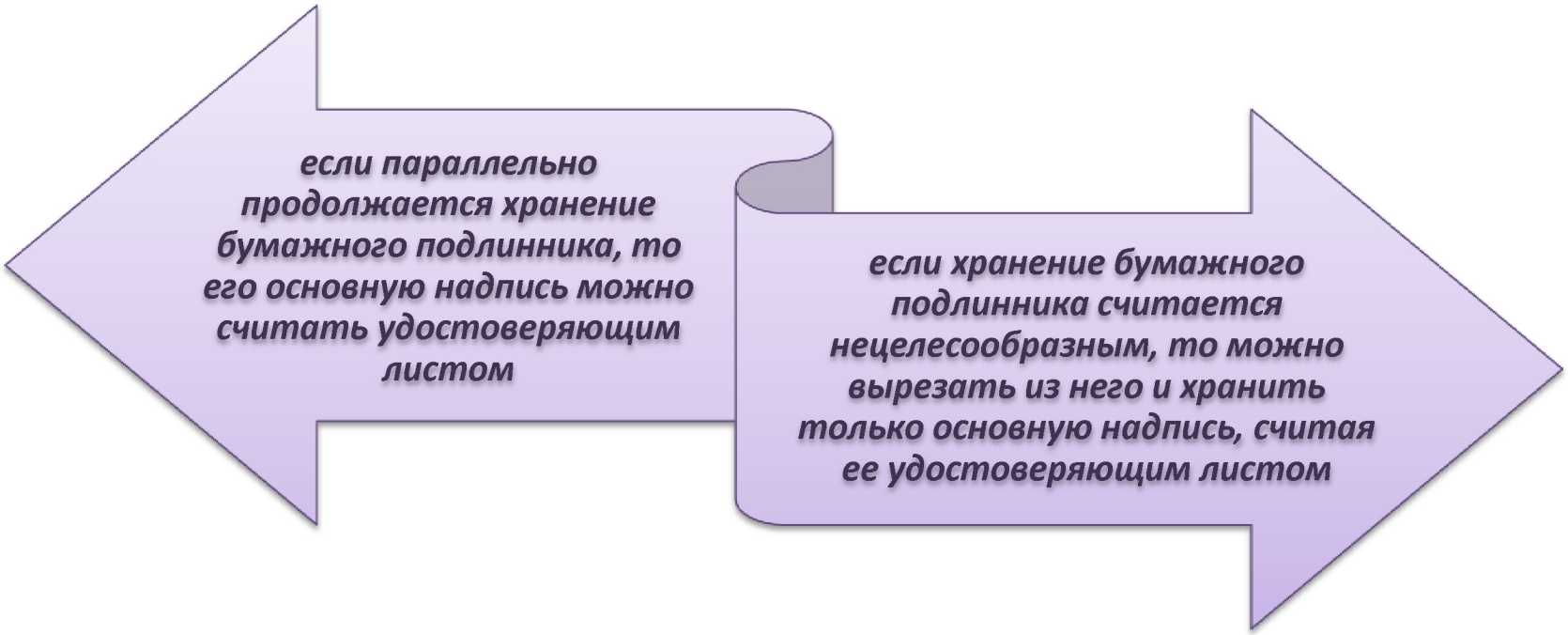
Эти состояния или этапы представляют собой стадии жизненного цикла объекта или документа (модели, чертежа, технологического процесса, плана работ и др.). Этап "У автора" является начальным и автоматически объявляется при вводе объекта в систему. На этом этапе автор может иметь право передать созданную информацию руководителю или на утверждение.

При передаче автором информации на этап "У руководителя" или на этап "Утвержден" файл содержательной информации автоматически перемещается на сервер по путям, указанным администратором системы. С этапа "У руководителя" информация может быть направлена на этап "На изменении" или на этап "Утвержден ".

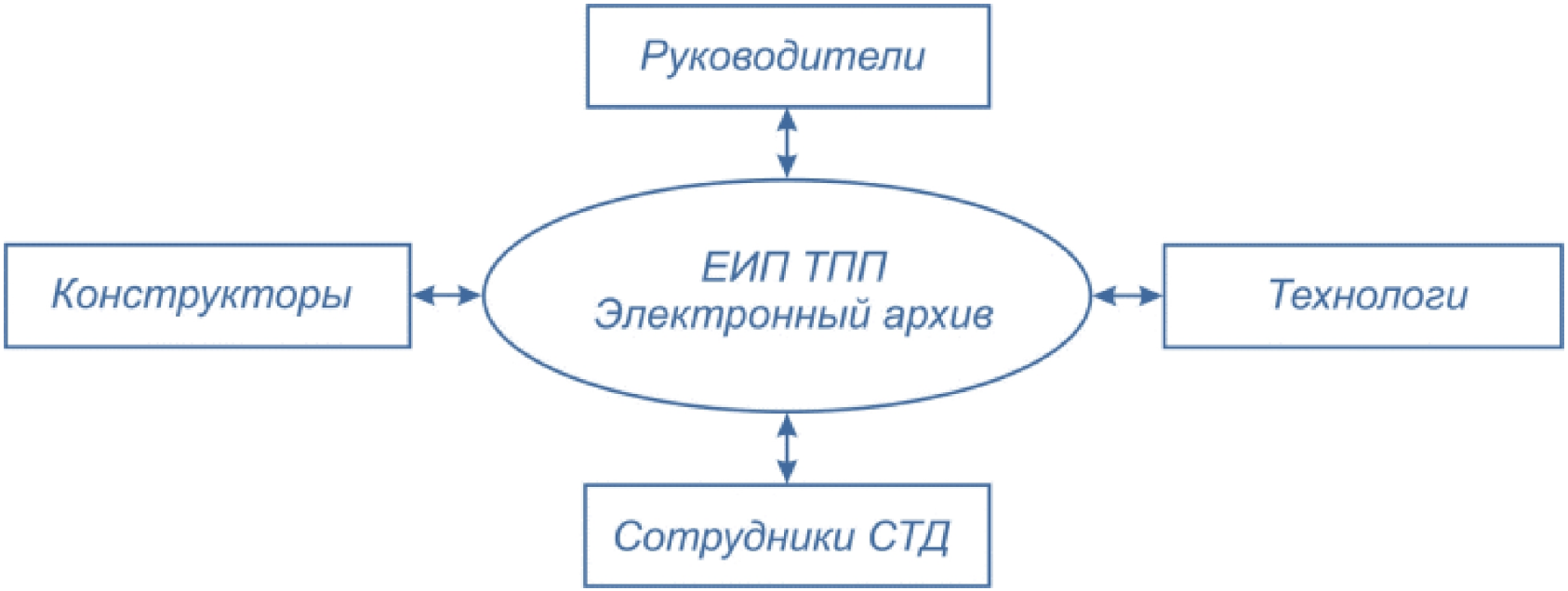
Утвержденный документ, хранящийся в электронном архиве, должен получить статус подлинника. Что же представляют собой подлинники КД и ТД в электронном виде?
В соответствии с требованиями ГОСТ 28388-89 документ на магнитном носителе может считаться подлинником, если он сопровождается удостоверяющим листом с подлинными подписями лиц, ответственных за разработку, согласование и утверждение этого документа и, если этот электронный документ назван подлинником в нормативном документе предприятия. Допускается указанные выше подписи проставлять в листе утверждения, предусмотренном стандартами ЕСКД и ЕСТД.
При автоматизированной разработке КД конструкторами и ТД технологами под управлением PDM SMARTEAM, фактом сдачи утвержденных электронных документов сотрудникам служб технической документации (СТД) в эксплуатацию является передача в СТД удостоверяющих листов (или листов утверждения) по ГОСТ 28388-89.


по возрастанию обозначений документов в пределах изделия (проекта) без учета форматов
две схемы хранения подлинников на бумажных носителях
поформатно в порядке возрастания обозначений документов в пределах каждого формата и кода предприятия-разработчика

При формировании архива методом ввода документов со сканера, могут иметь место два варианта приема электронного документа на эксплуатацию в СТД в качестве подлинника:



Создание электронного архива на базе PDM-системы обеспечивает совместную, согласованную работу над документами конструкторов, технологов и других специалистов предприятия в едином информационном пространстве ТПП



В результате достигается:

