

*Е.И. Яблочников, В.И. Молочник,
Ю.Н. Фомина*

***РЕИНЖИНИРИНГ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ПРОИЗВОДСТВА***

Учебное пособие

Санкт-Петербург 2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

**Е.И. Яблочников, В.И. Молочник,
Ю.Н. Фомина**

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС- ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2008

Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, Ю.Н. Фомина. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства / Учебное пособие – СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 152 с.

Данное учебное пособие предназначено для изучения методов коренной перестройки работы предприятий в сфере процессов, связанных с проектированием и подготовкой производства новых изделий. Эта перестройка, называемая реинжинирингом и предпринимаемая в целях резкого повышения эффективности функционирования предприятий в современных условиях, базируется на организационных изменениях и использовании новых информационных технологий.

Данное пособие предназначено для магистров, обучающихся по направлению подготовки 200100 – Приборостроение по магистерской программе «Управление жизненным циклом приборов и систем».

Рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 200100 – Приборостроение.



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

©Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2008

© Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, Ю.Н. Фомина

1. Общие принципы проведения реинжиниринга

Под реинжинирингом понимается *«фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов компаний для достижения коренных улучшений в наиболее важных показателях их деятельности – стоимость, качество и темпы»* [3]. При этом компания рассматривается как нечто, что может быть построено, спроектировано или перепроектировано в соответствии с инженерными принципами.

В приведенном определении понятия «реинжиниринг» присутствует требование радикальности преобразований бизнес-процессов. Однако с того момента, как это определение было сформулировано М. Хаммером и Дж. Чампи, в методологии реинжиниринга и посвященных этой теме работах требование радикальности стало смягчаться. Действительно, во многих случаях трудно четко определить, какие преобразования являются радикальными, а какие – нет. Кроме того, сложность проведения реинжиниринга зачастую приводит к длительным срокам его проведения, а в этих условиях понятие радикальности частично утрачивается. В связи с этим в литературе и на практике начали употребляться термины «революционный реинжиниринг» и «эволюционный реинжиниринг». Здесь мы сосредоточимся на методологии реинжиниринга, рассматривая ее во многом безотносительно к степени глубины и скорости проведения соответствующих мероприятий.

Необходимость проведения реинжиниринга бизнес-процессов обуславливается спецификой современного рынка. Эту специфику можно кратко охарактеризовать в виде совокупности следующих факторов:

1. Производимая продукция перестала носить массовый характер и стала ориентироваться на удовлетворение запросов различных групп потребителей.
2. Товары перестали быть “локальными”, их производство может быть организовано во многих точках мира. Появились новые формы кооперации в виде распределенных (виртуальных) предприятий, когда каждый этап производства выполняется в той стране и на том предприятии, где это наиболее выгодно.
3. Резко выросла роль информационных технологий в сфере проектирования, производства и реализации продукции.

Возросшая конкуренция среди производителей и высокая степень информированности потребителей привели к тому, что изменилась сама роль потребителя – он все больше выступает в качестве заказчика, определяет вид и свойства выпускаемой продукции. Каждый вид продукции создается таким образом, чтобы удовлетворить запросы конкретной группы потребителей.

Чтобы сохранить конкурентоспособность в этих условиях, компании (предприятия) вынуждены переосмыслить формы и способы ведения своей деятельности (бизнеса). Частичные улучшения процессов деятельности (бизнес-процессов) в компании не дают желаемых результатов и не позволяют получить конкурентное преимущество. Необходимо использовать новые подходы, которые позволят в полной мере реализовать возможности новых технологий и человеческих ресурсов. Такие подходы дает методология реинжиниринга бизнес-процессов.

На начальной фазе реинжиниринга необходимо ответить на фундаментальные вопросы о деятельности компании: почему компания делает именно то, что она делает; почему компания делает это таким способом; какой хочет стать компания. Отвечая на эти вопросы, специалисты должны выявить и переосмыслить правила и предположения (зачастую явно не выраженные), положенные в основу текущего способа ведения бизнеса. Часто эти правила оказываются устаревшими или ошибочными.

Фундаментальным принципом реинжиниринга является рассмотрение деятельности компании не с точки зрения функционирования ее структурных подразделений, а с точки зрения организации и протекания в ней бизнес-процессов. *Бизнес-процесс – это связанное множество внутренних видов деятельности компании, заканчивающихся созданием продукции или услуги, необходимой потребителю* [3]. Термин “потребитель” следует понимать в широком смысле – это может быть просто клиент, а может быть и другой процесс, протекающий во внешнем окружении, например, у партнеров или субподрядчиков.

По сравнению с традиционным анализом деятельности компании, процессы обладают многими преимуществами. В частности, трудно или невозможно измерить эффект от проведения изменений в иерархической структуре компании, в то время как при ориентации на процессы специалисты имеют дело с такими четко оцениваемыми характеристиками, как стоимость, длительность, качество и степень удовлетворения потребителя.

Ориентация на процессы является ключевым фактором успешного реинжиниринга. Другим, не менее важным фактором, является переход предприятия на использование новых информационных технологий. Это использование не означает автоматизацию существующих процессов. Применение новых информационных технологий может привести не толь-

ко к принципиальным изменениям в деятельности сотрудников, но и к полной замене существующих бизнес-процессов.

К другим факторам, необходимым для успешного реинжиниринга, можно отнести следующие:

- *Мотивация.* Мотив для начала проекта по реинжинирингу должен быть четко определен. Высшее руководство должно быть убеждено в необходимости реинжиниринга и понимать, что результат существенно затронет некоторые структуры в компании. Чтобы обеспечить успех, руководство должно предоставить лучшие силы в распоряжение команды по реинжинирингу.
- *Руководство проектом.* Проект должен выполняться под управлением руководства компании. Руководитель, возглавляющий проект по реинжинирингу, должен иметь авторитет в компании и нести за него ответственность. Для успеха проекта важно твердое и умелое управление.
- *Сотрудники.* В команде, выполняющей проект и контролирующей его выполнение, необходимо участие сотрудников, наделенных полномочиями и способных создать атмосферу сотрудничества. Кроме людей, хорошо образованных в области реконструируемого бизнеса, необходимы люди, знающие, как изменять его.
- *Бюджет.* Проект должен иметь свой собственный бюджет. Часто ошибочно считают, что реинжиниринг возможен на условиях самофинансирования.
- *Технологическая поддержка.* Для проведения работ по реинжинирингу необходима поддержка в форме методик и инструментальных средств (программного обеспечения).

Реинжиниринг в компании никогда не проводится "снизу-вверх", он всегда проводится "сверху-вниз". Существует две причины, по которым реинжиниринг не может быть успешно проведен руководителями (менеджерами) нижнего и среднего уровня.

Первая причина состоит в том, что эти менеджеры не обладают той широтой взглядов на деятельность компании, которая необходима для проведения реинжиниринга. Их опыт в основном ограничивается знанием тех функций, которые они выполняют в своем подразделении. Они, как правило, лучше других осознают проблемы своего подразделения, но им трудно увидеть процесс в целом и распознать его слабые места.

Вторая причина в том, что бизнес-процессы неизбежно пересекают организационные границы, т.е. границы подразделений, поэтому менеджеры нижнего и среднего уровня не имеют достаточного авторитета для того, чтобы настаивать на трансформации процессов. Более того, радикальные преобразования существующего процесса могут привести к уменьшению

роли и влияния того или иного менеджера. По этим причинам менеджеры среднего уровня могут не только не способствовать проведению реинжиниринга, но препятствовать ему.

Проект по реинжинирингу бизнеса обычно включает следующие четыре этапа:

1. *Разработка образа будущей компании.* На этом этапе компания строит картину того, как следует развивать бизнес, чтобы достичь стратегических целей.
2. *Анализ существующего бизнеса.* Проводится исследование компании и составляются схемы ее функционирования в настоящий момент.
3. *Разработка нового бизнеса.* Разрабатываются новые и (или) измененные процессы и поддерживающая их информационная система. Выполняется моделирование и тестирование новых процессов.
4. *Внедрение нового бизнеса.* На этом этапе новый проект внедряется в бизнес.

Необходимо подчеркнуть, что перечисленные этапы выполняются не последовательно, а по крайней мере частично параллельно, причем некоторые этапы повторяются.

Организационные аспекты реинжиниринга. Рассмотрим возможные организационные изменения, которые могут происходить в компании в результате проведения реинжиниринга.

Переход от функциональных подразделений к командам процессов. По сути реинжиниринг объединяет в единое целое процессы, которые ранее были разбиты на отдельные части. В традиционно организованной компании люди распределяются по отделениям, отделам, лабораториям, группам и т.п., в которых они выполняют предписанные им функции (части процессов). Эта фракционность создает множество проблем и в частности проблему несогласованности и даже противоречивости целей различных групп людей. Реинжиниринг предлагает альтернативный подход, состоящий не в разделении людей по подразделениям, а в объединении их в команды процессов, т.е. в группы людей, выполняющих совместно законченную часть работы – процесс. Команды процессов заменяют старые функциональные подразделения.

Работа исполнителя изменяется от простой к многоплановой. Люди, работающие в команде, отмечают, что их работа значительно отличается от работы, которую они исполняли в функциональном подразделении. Член команды несет (совместно с другими членами команды) ответственность за весь процесс, что требует умения не только выполнять свое задание, но и понимать весь процесс в целом и уметь при необходимости выполнять несколько заданий. Работа члена команды становится более содержательной, так как из нее устраняются излишние проверки, согласо-

ния, ожидания, вызванные преодолением границ между подразделениями традиционной компании. Члены команды фокусируют свои усилия на потребностях пользователей, а не на потребностях начальства.

Изменяются требования к подготовке сотрудников. Традиционные компании готовят своих сотрудников на обучающих курсах, цель которых обучить, как выполнять некоторую конкретную работу или как управлять той или другой специфической ситуацией. В связи с многоплановостью и изменчивостью работ, ориентированных на процессы, компании должны заботиться не только о проведении обучающих курсов, но и о непрерывном образовании своих сотрудников.

Изменяется оценка эффективности работы и оплата труда. В традиционной компании схема оплаты довольно прямолинейна: людям платят за отработанное время. Понятно, что это далеко не самый эффективный способ оплаты, однако при разбиении работы на простые задания компания не имеет возможности оценить эффективность узкого задания. Кроме того увеличение эффективности узкоопределенного задания не всегда приводит к увеличению эффективности всего процесса. После проведения реинжиниринга команда отвечает за результаты процесса, и в этом случае компания может измерить эффективность работы команды и оплатить ее в соответствии с полученным результатом.

Изменяется распределение ролей между сотрудниками компании. Новая организационная структура компании строится на управлении бизнес-процессами и производственными ресурсами (рис. 1.1). В ней можно выделить несколько типовых ролей сотрудников.

Руководитель компании назначает владельцев ресурсов и владельцев процессов: по одному для каждой функции и для каждого процесса в компании (в большой компании между руководителем и владельцами ресурсов и процессов могут стоять должностные лица, отвечающие за различные сферы бизнеса).

Владелец ресурса имеет долговременные права и несет долговременную ответственность за ресурсы, относящиеся к его конкретной функции.

Владелец процесса несет оперативную ответственность за ресурсы, предоставленные в его распоряжение, чтобы выполнить некоторый конкретный процесс.

Оператор процесса является исполнителем, которого владелец процесса приглашает к себе на работу и с которым заключает соглашение.

Заключается трехстороннее соглашение между оператором, владельцем процесса и владельцем ресурса. Предложения по такому соглашению представляются оператору и, если тот соглашается с ними, все стороны подписывают и принимают их. Кроме того, владелец процесса назначает руководителя (лидера) для каждого из своих конкретных процессов. Этот

лидер несет оперативную ответственность за порученный ему конкретный процесс.

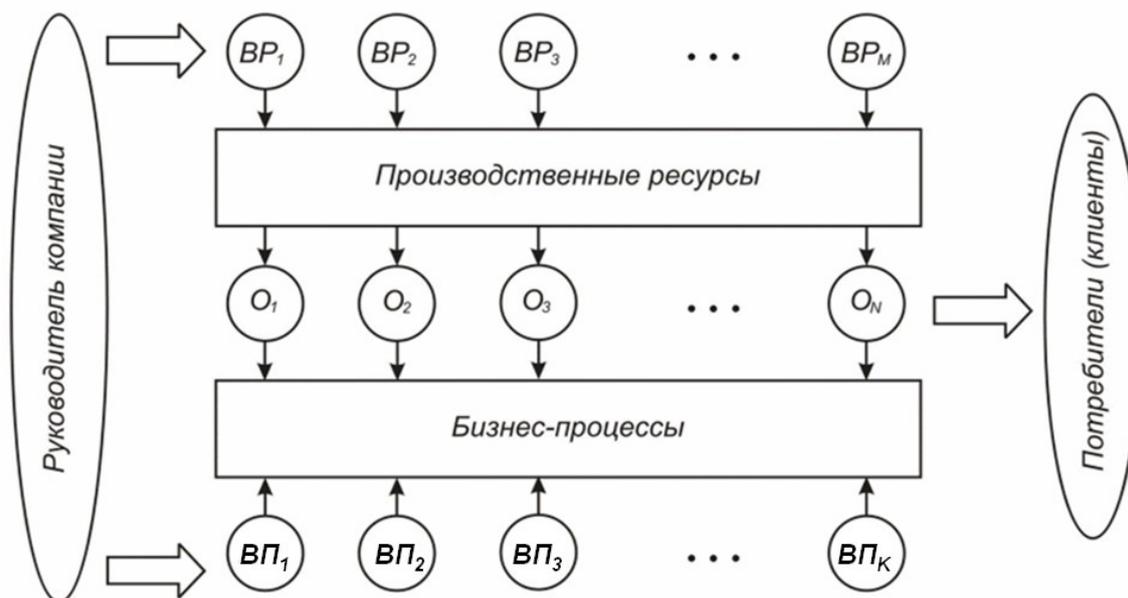


Рис. 1.1 Структура новой компании: ВР – владелец ресурса; ВП – владелец процесса; О – оператор процесса

Владелец процесса "закупает" внутри компании ресурсы и услуги у владельцев ресурсов. Владельцы процессов при этом заинтересованы в хорошей репутации своих процессов, дающей им право приглашать к себе лучших сотрудников. Каждый сотрудник будет стараться выполнять свои функции наилучшим образом, чтобы у владельцев процессов было желание "покупать" его услуги.

Обязанности перечисленных категорий сотрудников компании состоят в следующем:

Руководитель компании:

- ставит оперативные и долгосрочные цели;
- определяет стратегии бизнеса;
- осуществляет общий контроль за финансовой деятельностью;
- обеспечивает развитие бизнеса и организационной структуры;
- назначает владельцев процессов и владельцев ресурсов;
- контролирует деятельность владельцев процессов и владельцев ресурсов.

Владелец ресурса:

- распределяет операторов процессов или другие ресурсы между различными бизнес-процессами;
- разрешает конфликты, возникающие при распределении ресурсов;

-
- заключает соглашения с сотрудниками (операторами), из которых они получают ясное представление о своей долгосрочной роли в разработках компании, а также обеспечивает каждого сотрудника индивидуальным планом работ;
 - обеспечивает повышение квалификации своего персонала и ведет проверку его компетентности;
 - составляет бюджет долгосрочного обучения и стратегической подготовки (не связанной с каким-либо конкретным процессом);
 - принимает на работу (совместно с владельцем процессов) операторов процессов;
 - поддерживает служащих в переговорах, профессиональном росте, при разрешении конфликтов по использованию ресурсов и т.п.

Владелец процесса:

- разрабатывает процесс и обеспечивает, чтобы он соответствовал бизнес-планам компании;
- определяет интерфейс процесса (совместно с владельцами других процессов);
- планирует бюджет процесса;
- назначает лидера (лидеров) экземпляров процесса;
- распределяет ресурсы для всех экземпляров процесса и заключает соглашения с каждым оператором процесса;
- оперативно дорабатывает процесс в случае необходимости (для проведения этого вида работ в бюджете выделяются средства);
- участвует в долгосрочном планировании потребностей в ресурсах (основным ответственным за это является владелец ресурсов);
- обеспечивает развитие процесса и улучшение его качества.

Оператор процесса:

- находит для себя работы и заключает договоры в компании;
- требует заключения и выполнения всех соглашений, необходимых для успешного выполнения работы;
- составляет (совместно с лидерами процессов) подробные индивидуальные планы со сроками выполнения работ;
- выполняет работы в конкретных процессах;
- следит за своим профессиональным ростом.

Работа выполняется, исходя из задач, поставленных конкретным клиентом (потребителем, заказчиком) и заканчивается созданием некоторых потребительских ценностей для этого клиента. По завершении процесса, использованные в нем ресурсы могут быть задействованы для выполнения другой работы. Возможно, в одно и то же время будет выполняться несколько конкретных реализаций (экземпляров) одного вида процесса. Каждая реализация имеет руководителя и своих операторов.

В новой компании служащие склонны смотреть на свою работу более позитивно, чем прежде. Все вместе они стараются удовлетворить потребности клиентов компании. От них ожидается выполнение того, что непосредственно требуется в конкретном исполняемом процессе, а не то, что диктуется их функциональной ролью, поэтому их задания становятся более интересными и разнообразными. Сотрудники не ощущают того надзора, который был раньше, они осознают рост своих полномочий и даже начинают чувствовать себя предпринимателями. Поскольку становится легче измерять степень удовлетворения клиента конкретной работой, упрощается выплата премий исполнителям этой работы. Перспективы служебного роста расширяются и делаются более определенными, поскольку зависят от индивидуальных способностей.

Участники проведения реинжиниринга. Для осуществления проектов, связанных с реинжинирингом, рекомендуется следующий состав участников [3]:

- *Лидер проекта* – член руководства предприятия, который возглавляет организацию и проведение работ, связанных с проектом;
- *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;
- *Владельцы процессов* – менеджеры (руководители подразделений), отвечающие за обновляемые бизнес-процессы;
- *Руководящий комитет (steering committee)* – комитет, образованный из представителей руководства предприятия с целью определения общей стратегии и контроля выполнения работ по проекту.

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 (рис.1.2).

Моделирование бизнес-процессов. При анализе существующего и разработке нового бизнеса важную роль играет построение моделей компании и протекающих в ней бизнес-процессов. Модели могут различаться степенью детализации процессов, формой их представления, учетом только статических или также динамических факторов и др. Следует отметить, что все известные подходы к моделированию бизнеса принадлежат к семейству методов моделирования сложных информационных систем.

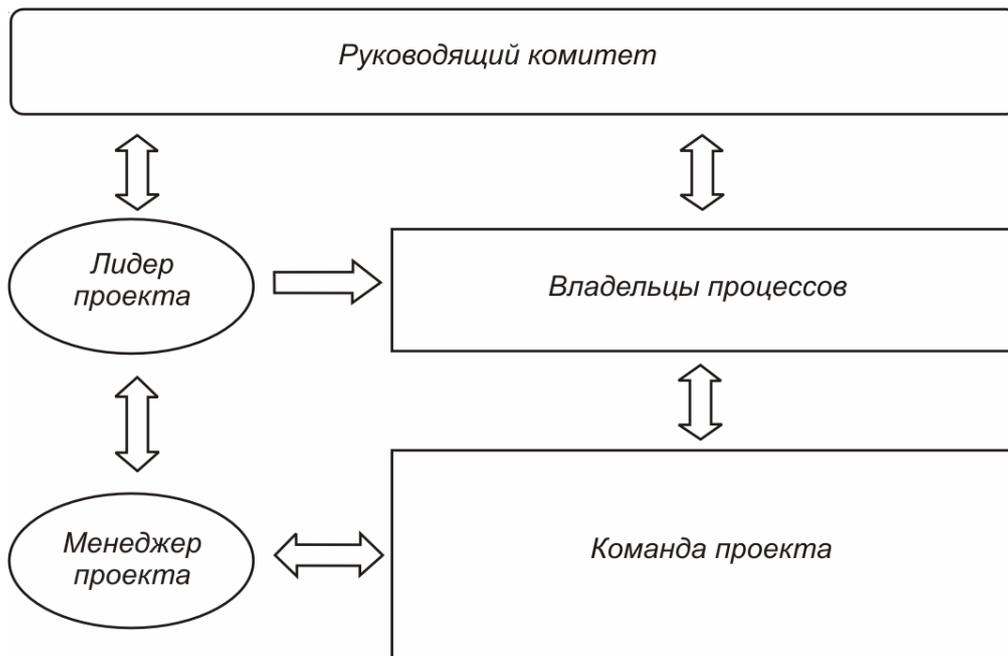


Рис. 1.2. Структура управления проектами, связанными с проведением ре-инжиниринга

Модель компании в общем случае представляет собой совокупность функциональной, организационной и информационной моделей:

- *Функциональная модель* описывает совокупность функциональных подсистем и связей, отражающих порядок взаимодействия подсистем при функционировании компании или ее подразделений;
- *Организационная модель* описывает состав и структуру подразделений и служб компании;
- *Информационная модель* описывает потоки информации, существующие в функциональной и организационной моделях.

К традиционным средствам построения моделей сложных систем относится методология SADT (Structured Analysis Design Technique). Она была создана в начале 70-х годов с целью унифицировать подходы к описанию сложных систем. SADT включает как концептуальный подход к построению моделей систем, так и набор правил и графических обозначений для их описания. Предлагаемые методы построения функциональных моделей, где описание систем осуществляется с точки зрения выполняемых ими функций, получили название методологии IDEF0. Существуют также специальные методологии для построения информационных моделей, описывающих потоки информации (IDEFIX) и динамических моделей, отображающих причинно-следственные связи между объектами системы (IDEF/CPN).

К более современным средствам моделирования, появившимся в середине 90-х годов, относится методология RUP (Rational Unified Process).

Эта методология, разработанная компанией Rational Software Corp., поддерживает итеративный процесс создания сложной информационной системы на основе объектно-ориентированного подхода, с использованием диаграмм UML (Unified Modeling Language) для визуального моделирования предметной области. Нотация диаграмм UML и методы использования UML при реинжиниринге бизнес-процессов проектирования и подготовки производства будут рассмотрены в последующих разделах данного пособия.

Наряду с UML, для визуального моделирования существуют и другие нотации, реализованные, например, в системах ARIS и ADONIS. Система ADONIS позволяет выполнять не только визуальное, но и имитационное моделирование бизнес-процессов, ее возможности также рассматриваются ниже.

Информационные системы поддержки новых бизнес-процессов. Выше отмечалось, что использование новых информационных технологий является неотъемлемой частью реинжиниринга. При этом модели новых бизнес-процессов непосредственно реализуются в среде *информационной системы поддержки (ИСП)* нового бизнеса. Важность ИСП состоит не только в том, что она является необходимым элементом реинжиниринга, а еще и в том, что зачастую применение ИСП во многом определяет технологию ведения нового бизнеса. ИСП представляет собой специально разрабатываемое программное обеспечение – программную систему, которая строится на основе применения соответствующих инструментальных средств.

В сфере проектирования новых изделий роль ИСП играют конструкторские системы автоматизированного проектирования (САПР-К). В сфере технологической подготовки производства роль ИСП играют автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП).

К инструментальным средствам создания САПР-К и АСТПП относятся CAD/CAM, CAE и PDM-системы. При этом CAD/CAM и CAE-системы становятся средствами для автоматизации выполнения проектных процедур, а PDM-система – средством для управления процессами проектирования и подготовки производства. Одновременно PDM-система является базовым средством, с помощью которого реализуется единое информационное пространство для всех этапов жизненного цикла изделия (ЖЦИ).

Наиболее мощные и полнофункциональные комплексы CAD/CAM/CAE/PDM получили название PLM-решений (Product Data Management – управление данными об изделии).

2. Бизнес-процессы проектирования новых изделий

Проведение реинжиниринга в любой сфере деятельности невозможно без понимания предметной области и сущности протекающих в ней бизнес-процессов. Поэтому нам необходимо рассмотреть общую структуру и состав бизнес-процессов проектирования нового изделия.

Проектирование изделия можно понимать в узком или в широком плане. При рассмотрении проектирования в узком плане, оно начинается с получения технических требований и заканчивается разработкой конструкторской документации на изделие. Если же рассматривать проектирование в широком плане, то оно начинается с анализа запросов рынка и заканчивается изготовлением опытной партии изделий. Здесь мы будем рассматривать проектирование с точки зрения второго подхода. Чтобы подчеркнуть широкий смысл понятия «проектирование», мы часто будем вместо него использовать понятие «разработка».

Конечно, проектирование (разработка), например, навигационного спутника отличается от проектирования шуруповерта – не только по количеству и уровню сложности решаемых задач, но и по самому кругу используемых понятий. Тем не менее, если рассматривать процесс проектирования с системной точки зрения, то в нем можно выявить общую структуру и общие элементы (подпроцессы). Однако строго однозначной систематизации в данном вопросе не существует, поэтому здесь по необходимости приходится опираться на один из ее вариантов. Ниже в данном разделе использованы результаты достаточно глубокого, на наш взгляд, исследования, выполненного в работе [13].

Коммерческие цели разработки изделия и факторы успеха. С коммерческой точки зрения успешный процесс создания нового изделия завершается его изготовлением и продажей с получением прибыли. Однако прибыльность зачастую трудно оценить непосредственно. Для оценки эффективности разработки изделия используются пять факторов, каждый из которых, в конечном счете, имеет отношение к прибыли:

- *Качество изделия:* Какими преимуществами обладает изделие, благодаря предпринятым усилиям по его созданию? Удовлетворяет ли оно запросам потребителей? Является ли оно прочным и надежным в эксплуатации? Качество изделия, в конечном счете, влияет на его долю рынка и на ту цену, которую покупатель готов за него платить.

-
- *Стоимость изделия:* Это стоимость изготовления, которая включает в себя затраты на основное оборудование и средства технологического оснащения, а также прирост стоимости при производстве каждой единицы продукции.
 - *Время разработки:* Время разработки определяет, может ли компания быстро отвечать на действия конкурентов и эффективно использовать новые технологии, а также насколько быстро компания получит экономическую отдачу от вложенных усилий.
 - *Стоимость разработки:* Сколько компания израсходовала средств на разработку изделия? Стоимость разработки обычно представляет собой существенную долю инвестиций, требующихся для получения прибыли.
 - *Потенциал разработки:* Является ли компания лучше подготовленной к разработке последующих новых изделий в результате опыта, полученного при работе над данным проектом? Потенциал разработки – это актив компании, который позволяет в будущем проводить разработку более эффективно и экономично.

Высокие показатели по данным пяти факторам приводят, как правило, к практическому успеху. Однако, существуют и другие критерии, которые также являются важными. Эти критерии возникают вследствие интересов других организаторов и участников проекта, к которым относятся члены коллектива (команды) разработчиков, прочие служащие, а также коллективы, занятые в сфере производства изделия. Члены команды разработчиков могут быть заинтересованы в создании изделия, базирующегося на предыдущих разработках. Коллективы, занятые в сфере производства, могут быть обеспокоены количеством требующихся при производстве изделия рабочих мест. И производители, и потребители изделия требуют от разработчиков учета высоких стандартов безопасности независимо от того, могут или нет эти стандарты оправдать себя в плане получения конечной прибыли. Прочие лица, имеющие непосредственные связи с компанией или ее продукцией, могут потребовать, чтобы изделие обеспечивало экологически правильное использование ресурсов и порождало минимально опасные отходы.

Общая схема разработки. Общая схема разработки изделия состоит из семи фаз, как показано на рис.2.1. Эти фазы во многом носят не линейный, а итеративный характер, что показано на рисунке пунктирными стрелками. Итерации сопровождаются проведением конструкторских изменений в уже выполненных частях проекта.

Процесс разработки начинается с фазы планирования изделия, соединяющей деятельность в области передовых исследований и технологических разработок. Результатом фазы планирования является постановка

задачи проекта, которая является входной информацией для фазы разработки концепции изделия и служит руководством для всех участников проекта. Заканчивается процесс разработки началом производства изделия, во время которого изделие получает возможность для поставки на рынок.



Рис. 2.1 Общая схема разработки нового изделия

Представленные на рис. 2.1 фазы разработки включают в себя следующие функции::

Планирование изделия. Деятельность по планированию изделия часто называют «нулевой фазой», так как она предшествует началу активных действий по непосредственному созданию изделия. Эта фаза начинается с определения целей компании и включает оценку имеющихся технологий и требований рынка. Результатом фазы планирования является постановка задачи проекта, которая специфицирует сегмент рынка для данного изделия, коммерческие цели, ключевые предпосылки и ограничения.

Разработка концепции. В фазе разработки концепции идентифицируются запросы целевого рынка, разрабатываются и оцениваются альтернативные концепции изделия, после чего одна или несколько концепций

отбираются для дальнейшей разработки и тестирования. Концепция представляет собой описание формы, функций и компонент изделия, и обычно сопровождается набором спецификаций, анализом конкурирующих изделий и экономическим обоснованием проекта.

Системное проектирование. Фаза системного проектирования включает определение архитектуры изделия и декомпозицию изделия на подсистемы и компоненты. Схема конечной сборки изделия при его производстве также обычно разрабатывается в данной фазе. Выходные данные фазы системного проектирования, как правило, содержат геометрическую компоновку изделия, описание перечня функций для каждой из подсистем и предварительную схему последовательности операций для процесса конечной сборки.

Детальное проектирование. Фаза детального проектирования включает законченное описание геометрии, материалов и допусков для каждой из уникальных деталей изделия, а также перечень всех стандартных деталей, приобретаемых у поставщиков. Выходными данными этой фазы является документация на изделие – чертежи или компьютерные файлы, описывающие геометрию каждой детали, а также перечни материалов, стандартных и покупных деталей.

Создание прототипов и испытания. Эта фаза используется как вспомогательная при выполнении других этапов проекта, включая в себя конструирование и оценивание ряда предварительных вариантов изделия. Первые прототипы (альфа-прототипы) обычно создаются из деталей, имеющих ту же геометрию и свойства материала, которые должны быть у деталей в промышленном исполнении, но эти детали необязательно изготавливаются по технологиям, которые должны использоваться в промышленном производстве. Альфа-прототипы испытываются с целью определения, будет ли изделие работать в соответствии с требованиями проекта, а также будет ли оно или нет удовлетворять основным запросам потребителя. Более поздние прототипы (бета-прототипы) обычно создаются из деталей, изготовленных с помощью требуемых производственных процессов, но процесс их сборки может не соответствовать требуемому процессу конечной сборки изделия. Бета-прототипы в значительной степени оцениваются по внутренним характеристикам и поэтому обычно испытываются заказчиками в их собственной, пользовательской среде. Целью испытаний бета-прототипов обычно является получение ответов на вопросы, касающиеся качества функционирования и надежности, для того чтобы выявить необходимые инженерные изменения для конечного изделия.

Технологическая подготовка производства (ТПП). В этой фазе разрабатываются технологические процессы изготовления деталей и сборки, проектируются и изготавливаются средства технологического оснащения (приспособления, пресс-формы, штампы, специальный режущий инстру-

мент и др.), а также нестандартное оборудование, используемое (помимо имеющегося технологического оборудования) для изготовления деталей или узлов изделия.

Изготовление опытной партии. В фазе изготовления опытной партии изделие изготавливается в предназначенной для этого производственной системе. Целью изготовления опытной партии является обучение производственного персонала и решение оставшихся по процессам изготовления вопросов. Произведенные в рамках опытной партии изделия впоследствии поставляются так называемым привилегированным пользователям и тщательно оцениваются с целью выявления любых оставшихся дефектов. Переход от изготовления опытной партии к серийному производству обычно является постепенным. Начиная с некоторой точки этого перехода, изделие считается запущенным в производство и получает возможность для широкого распространения.

Концептуальная фаза разработки. Поскольку содержание концептуальной фазы разработки, несмотря на свою безусловную важность, представляется наименее ясным, остановимся на этой фазе более подробно.

Схема процесса разработки концепции изделия показана на рис. 2.2. Процесс носит поэтапно-итеративный характер, то есть протекает не в виде строгой последовательности, когда каждый этап завершается до начала следующего. В реальности этапы могут перекрываться во времени или выполняться с проведением итераций (что показано на рис.2.2 пунктирными стрелками). Содержание этапов процесса разработки концепции изделия состоит в следующем:

- *Идентификация запросов потребителей:* Цель данного этапа – понять запросы потребителей и установить связь между ними и разработчиками изделия. Результатом работы на данном этапе является тщательно составленное описание перечня запросов потребителей, оформленное в виде иерархического списка, с указанием весовых коэффициентов значимости для каждого вида запросов.
- *Установка целевых технических требований:* Технические требования определяют основные характеристики изделия. Они представляют собой трансляцию запросов потребителя на язык технических терминов. Целевые технические требования отражают наиболее «оптимистичные» прогнозы разработчиков. Впоследствии эти технические требования дорабатываются с учетом ограничений, налагаемых особенностями тех концепций изделия, которые выбраны разработчиками для дальнейшего продвижения.



Рис. 2.2 Схема разработки концепции нового изделия

- **Выработка концепций изделия:** Цель этапа выработки концепций – всесторонне исследовать область таких концепций изделия, которые могли бы обеспечить удовлетворение запросов потребителей. Выработка концепций сочетает в себе внешний поиск, разработку собственных методов решения проблемы и изучение различных частных решений, предлагаемых разработчиками. Результатом работы здесь является набор

концепций, каждая из которых представлена в виде эскизов и краткого текстового описания.

- Отбор концепций изделия: На данном этапе различные концепции изделия подвергаются анализу и последовательной отбраковке, с целью выявления наиболее перспективной концепции (или концепций). Процесс обычно требует нескольких итераций и может инициировать формирование новых концепций или доработку имеющихся.
- Тестирование концепций изделия: Одна или несколько концепций тестируются с целью проверки того, насколько хорошо они учитывают запросы потребителей, а также с целью оценки потенциала рынка и выявления любых недостатков, которые должны быть устранены при последующей разработке. Если отклики потребителей неблагоприятны, проект может быть остановлен или, если это необходимо, некоторые предыдущие шаги процесса могут быть повторены.
- Фиксация конечных технических требований: На данном этапе установленные ранее целевые технические требования подвергаются ревизии. Разработчики должны зафиксировать конкретные значения показателей с учетом ограничений, присущих концепции изделия и ограничений, выявленных при техническом моделировании, а также с учетом компромиссов между стоимостью и исполнением изделия.
- Планирование следующих этапов разработки: На этом завершающем этапе разработки концепции формируется план-график, определяющий сроки разработки и определяется перечень ресурсов, необходимых для выполнения проекта.
- Проведение экономического анализа: Команда разработки, обычно с помощью специалистов финансовых служб, строит для нового изделия экономическую модель. Эта модель используется в целях обоснования продолжения общей программы разработки и для расчета отдельных компромиссных решений, например, для нахождения компромисса между стоимостью разработки и стоимостью производства изделия.
- Оценка конкурирующих изделий: Знание конкурирующих изделий крайне необходимо для правильного позиционирования нового изделия. Это знание может служить источником идей при разработке как самого изделия, так и процессов его изготовления.
- Создание тестируемых моделей и прототипов: На каждом из этапов разработки концепции изделия используются различные виды моделей и прототипов. Такие модели могут включать в себя следующие разновидности: «доказывающие» модели, которые помогают команде разработчиков продемонстрировать осуществимость проекта; «дизайнерские» модели, которые могут быть продемонстрированы потребителям

для оценки внешнего вида и эргономичности изделия; табличные модели для оценки технических компромиссов.

Бизнес-процессы и организационные структуры разработки. Выше в разделе 1 мы рассматривали общие, с точки зрения проведения реинжиниринга, рекомендации к организации персонала. В целом эти рекомендации можно охарактеризовать как создание конкурентной среды групп специалистов внутри предприятия, независимо от вида его деятельности. Здесь мы рассмотрим организационные структуры с точки зрения их функционирования при разработке новых изделий.

Организационная структура разработки изделия – это схема, с помощью которой отдельные специалисты (исполнители) связываются вместе в рабочие группы. Эти связи между исполнителями могут быть формальными или неформальными и включают, среди прочих, следующие типы связей:

- *Отношения подотчетности:* Отношения подотчетности берут начало в классических понятиях начальника и подчиненного. Они являются формальными связями и наиболее часто представляются в виде организационной схемы.
- *Финансовые договоренности:* Исполнители связаны посредством части общего финансирования, такой как специальная статья бюджета или оборотные средства.
- *Совместное размещение:* Связи образуются между исполнителями, которые размещены в одном и том же офисе или здании, на одном этаже или на одной территории. Эти связи по большей части неформальны и возникают из естественных встреч и контактов во время работы.

Независимо от своих организационных связей, конкретные исполнители могут быть классифицированы по двум признакам: в соответствии с функциями, которые они выполняют, и в соответствии с проектами, над которыми они работают.

- *Функция (в организационном понимании)* представляет собой сферу деятельности, как правило, требующей специального образования и подготовки. Классическими функциями в организационных структурах разработки изделий являются маркетинг, проектирование и производство. Возможно также более подробное деление этих функций, которое включает, например, маркетинговые исследования, маркетинговое планирование, прочностной анализ, техническое проектирование, промышленный дизайн, разработку технологических процессов, управление производством.
- Независимо от выполняемых функций, специалисты применяют свои знания и опыт в конкретных проектах. Под проектом здесь понимается совокупность действий (мероприятий) в составе процесса разработки

конкретного изделия; такие действия включают, например, идентификацию запросов потребителя, разработку концепции изделия и т.д.

Отметим, что эти два класса должны пересекаться: специалисты, выполняющие несколько различных функций, будут работать над одним и тем же проектом. К тому же, хотя группа специалистов выполняет одну функцию, она может одновременно участвовать более чем в одном проекте. Две классические организационные структуры возникают при объединении организационных связей вокруг одной функции или вокруг одного проекта. В функциональных организационных структурах используются в основном те организационные связи, которые поддерживают определенную функцию. В проектных организационных структурах используются в основном те организационные связи, которые поддерживают один и тот же проект.

Например, строго функциональная организационная структура могла бы включать группу специалистов в области маркетинга, занимающихся обучением и проведением экспертиз. Эти специалисты могли бы отчетываться перед одним руководителем, который бы оценивал работу и устанавливал соответствующую сумму оплаты. Группа могла бы иметь собственный бюджет и размещаться в одной части здания. Эта маркетинговая группа могла бы принимать участие в нескольких проектах, но здесь могли бы иметь место нестрогие организационные связи с другими участниками каждой команды проекта. Это могли бы быть аналогично организованные группы, связанные с проектированием и производством.

Строго проектная организационная структура могла бы быть сформирована из групп специалистов для различных функций, но при этом каждая группа принимала бы участие в разработке одного конкретного продукта (или линейки продуктов). Каждая из этих групп могла бы отчетываться перед опытным менеджером проекта, который мог бы воспринимать информацию по любой из функций. Оценка выполнения работ могла бы проводиться менеджером проекта, а члены команды могли бы размещаться по возможности компактно, работая в одном офисе или в одной части здания. Новые проектные коммерческие предприятия являются примером наиболее ярко выраженных организационных структур проектного типа: каждый исполнитель, независимо от функции, связан только с одним проектом. Здесь президент или генеральный директор компании может рассматриваться как менеджер проекта. Компания будет сосредотачивать все свои ресурсы на одном проекте, если этот проект является для нее крупным и важным.

Матричная организационная структура представляет собой гибридное сочетание структур функционального и организационного типов. В матричной структуре исполнители связаны между собой как по функциональной, так и по проектной схеме. Как правило, каждый исполнитель

имеет двух руководителей – функционального менеджера и менеджера проекта. В реальности каждый из этих менеджеров стремится иметь наибольшие полномочия. По этой причине они не могут, например, независимо управлять бюджетом или независимо оценивать работу подчиненных. Кроме того, функциональная и организационная структуры физически не могут быть легко размещены вместе. В результате, как функциональная, так и организационная структура, стремится к тому, чтобы занять доминирующее положение.

Два существующих варианта матричной структуры носят названия жесткой проектной матричной структуры и легкой проектной матричной структуры. Жесткая проектная матричная структура предполагает использование строгих проектных связей. «Жесткий» менеджер проекта полностью управляет бюджетом, оценивает работу членов команды и принимает большинство решений по распределению ресурсов. Несмотря на это, каждый участник проекта является также участником функциональной организационной структуры, а функциональные менеджеры сохраняют за собой небольшие полномочия и возможность контроля.

Легкая проектная матричная структура предполагает ослабленные проектные связи и относительно строгие функциональные связи. В данной схеме менеджер проекта – это по большей части координатор и администратор. «Легкий» менеджер проекта корректирует планы, организует совещания и способствует координации работ, но не имеет реальной власти и контроля над проектом. Функциональные менеджеры отвечают за бюджет, кадровое обеспечение и план работ, оценивают качество их выполнения. Рис.2.3 иллюстрирует различные типы организационных структур.

В контексте рассмотрения проектных организационных структур команда разработки представляет собой совокупность всех исполнителей, участвующих в проекте, независимо от структуры подразделений в компании, занимающейся разработкой. В функциональной организационной структуре команда состоит из исполнителей, распределенных внутри функциональной группы и не имеющих организационных связей с другими участниками проекта. По этой причине понятие команды имеет для нас гораздо больший смысл в рамках проектной и матричной организационных структур, чем в рамках функциональной организационной структуры.

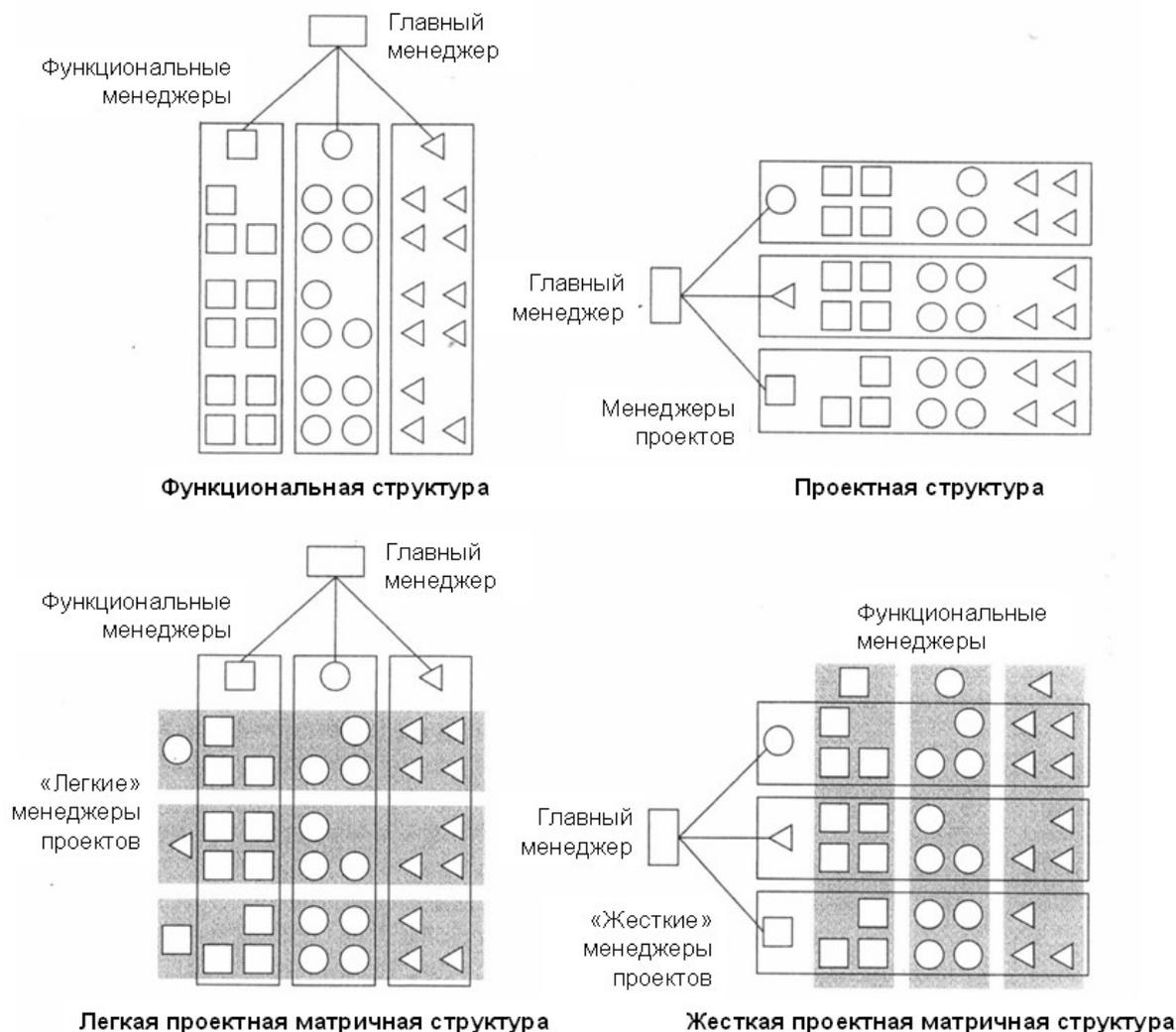


Рис. 2.3 Различные типы организационных структур

Правильный выбор типа организационной структуры зависит от того, какие организационные факторы являются наиболее критичными для успеха данного проекта. Функциональные структуры имеют склонность к порождению специализации и к стремлению специалистов углублять знания в функциональных областях деятельности. Проектные организационные структуры стремятся дать возможность быстрой и эффективной координации различных видов деятельности. Матричные структуры, являясь гибридными, имеют потенциал для каждой из этих характеристик. Следующие вопросы помогают облегчить выбор организационной структуры:

- *Насколько важна межфункциональная интеграция?*: Функциональные организационные структуры могут испытывать трудности при координации задач проекта, которые решаются в различных функциональных областях. Проектные организационные структуры дают возможность четкой межфункциональной интеграции, так как организационные свя-

зи между членами команды пересекают границы функциональных областей.

- *Насколько критично наличие высокой функциональной квалификации для успеха проекта?*: Когда экспертные знания в конкретной предметной области должны быть применены при разработке целого ряда изделий, необходимо использование преимущественно функциональных связей. Например, для некоторых авиастроительных компаний расчет динамики течения газов является настолько важным, что специалисты по расчету динамики газов объединены в отдельную группу с целью обеспечить компании как можно более высокое качество решения этой задачи.
- *Могут ли исполнители по каждой из функций быть полностью загружены на протяжении большей части проекта?*: Например, проект может требовать только части общего рабочего времени, имеющегося у разработчиков. Для того чтобы использовать персонал эффективно, компания может организовать рабочее время по функциональному принципу, так чтобы одновременно удовлетворить запросы нескольких проектов.
- *Насколько важной является скорость разработки изделия?*: Проектные организационные структуры позволяют быстро разрешать возникающие конфликты и эффективно координировать работу специалистов разных направлений. Относительно небольшое время расходуется на передачу информации, назначение ответственных лиц и выполнение координационных функций. По этим причинам, проектные организационные структуры обычно быстрее, чем функциональные, справляются с разработкой инновационной продукции. Например, производители персональных компьютеров почти всегда организуют команду разработки в виде проектной организационной структуры. Это позволяет разработчикам учитывать специфику быстро идущего вперед компьютерного рынка и создавать новые изделия в максимально короткий период.

3. Оптимизация бизнес-процессов на этапе планирования

Построение моделей новых бизнес-процессов при проведении реинжиниринга должно опираться не только на реорганизацию работы персонала, использование новых идей и новых технологий, но и на методы, позволяющие оптимизировать существующие бизнес-процессы. В качестве примера рассмотрим оптимизацию бизнес-процессов проектирования и подготовки производства на этапе планирования этих бизнес-процессов.

Прежде, чем перейти к рассмотрению подходов к оптимизации, приведем определенную классификацию проектных процедур и дадим краткие сведения о графическом представлении планов разработки изделий.

Существуют различные графические формы представления планов, которые мы проиллюстрируем на примере плана проекта по созданию прототипа (опытного образца) специализированной кассеты [13]. Данный проект (будем называть его «Проект СК») включает в себя проектирование, подготовку производства и изготовление прототипа кассеты. Хотя этот перечень работ выходит за рамки ТПП, однако, его рассмотрение не противоречит нашим целям анализа вопросов планирования.

Для составления плана прежде всего необходимо иметь перечень задач проекта. Общее число задач проекта СК составляло порядка 100, но для приводимых ниже примеров выделено 14 следующих задач проекта:

- Получение технических требований;
- Выработка и отбор концепций (концептуальных проектных решений, определяющих конструкцию кассеты);
- Разработка прототипа кассеты;
- Изготовление прототипа кассеты;
- Разработка программы тестирования;
- Тестирование прототипа кассеты;
- Разработка технологических процессов;
- Разработка пресс-форм;
- Разработка сборочной оснастки;
- Покупка оборудования для сборки;
- Изготовление пресс-форм;
- Отладка пресс-форм ;
- Сертификация кассеты;
- Запуск в производство.

Одной из важнейших характеристик задач для планирования является то, могут ли эти задачи выполняться параллельно. По этому критерию задачи делятся на *последовательные, параллельные и совмещенные*.

На рис.3.1 показаны задачи для трех участков проекта СК. Сами задачи изображены в виде прямоугольников, а информационные связи между задачами показаны с помощью стрелок. Говорят, что задача В зависит от задачи А, если для выполнения задачи В требуется получение информации от задачи А. Эта зависимость обозначается стрелкой, идущей от задачи А к задаче В.

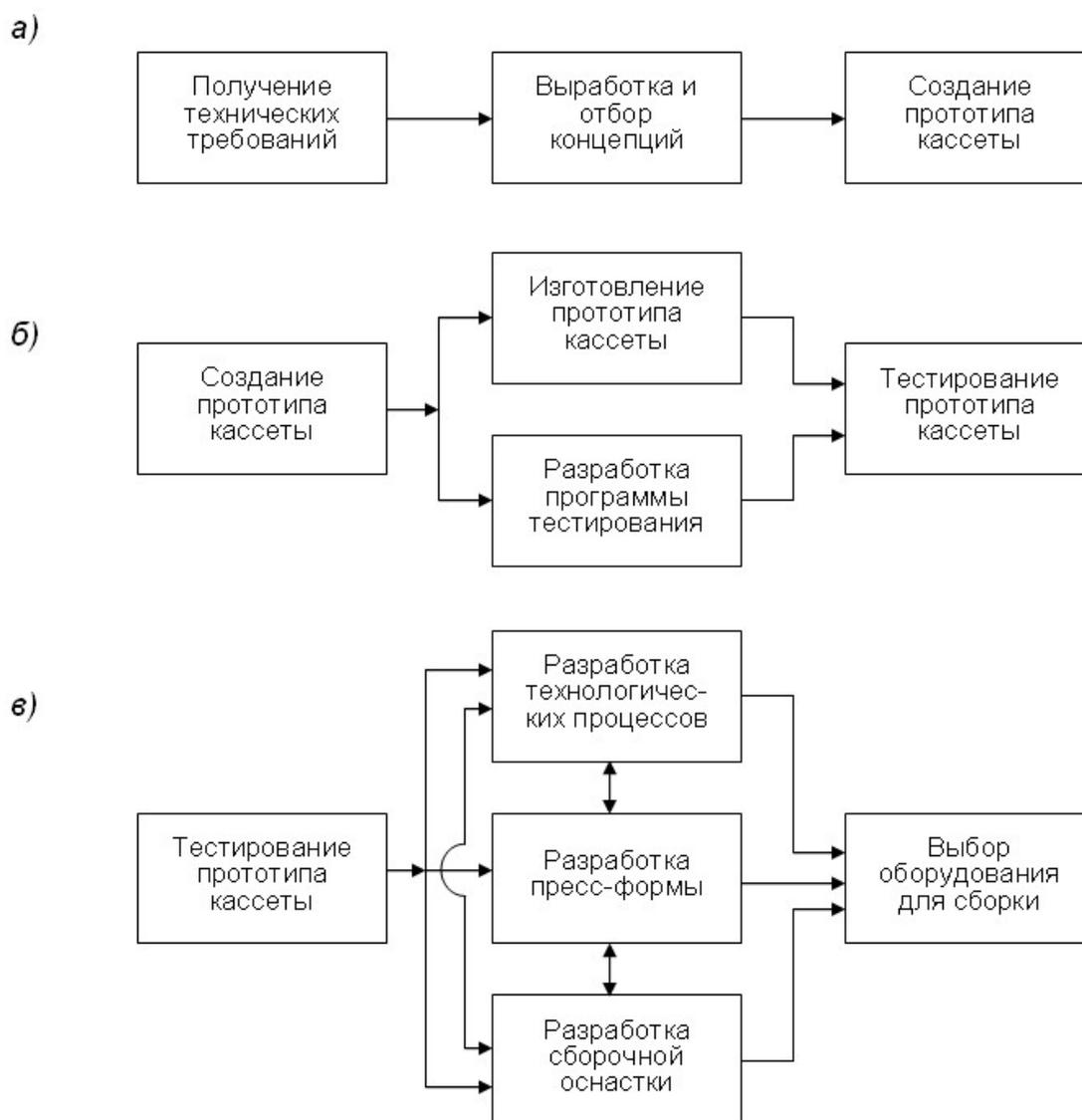


Рис. 3.1 Виды задач: а – последовательные; б – параллельные; в – совмещенные

На рис.3.1,а показаны три задачи, две из которых зависят от поступления информации от другой задачи. Эти задачи являются последовательными

ми, так как зависимость между ними требует последовательного порядка их выполнения. Отметим, что когда мы говорим о последовательном выполнении, это не означает, что решение последующей задачи обязательно должно начаться строго после того, как завершено решение предыдущей задачи. Обычно для начала работы над последующей задачей имеется определенная информация, но эта задача не может быть завершена до того, как выполнена предыдущая.

На рис.3.1,б показаны четыре задачи, две средние из которых зависят только от первой задачи, но не зависят друг от друга. Четвертая задача зависит от двух средних задач. Две средних задачи называются параллельными, потому что они обе в этой ситуации могут выполняться параллельно.

На рис.3.1,в показаны пять задач, три средние из которых называются совмещенными. Совмещенные задачи являются взаимно зависимыми; каждая задача требует результатов решения другой задачи, чтобы быть завершенной самой. Совмещенные задачи должны либо решаться одновременно при непрерывном обмене информацией, либо выполняться в итеративном режиме.

Матрица структуры разработки. Полезным инструментом для представления анализа взаимозависимости задач проекта является матрица структуры разработки. Пример такой матрицы для 14 задач проекта СК приведен на рис.3.2.

Матрица является квадратной, а ее строки и столбцы, имеющие одинаковые номера, имеют одинаковые наименования задач и обозначения. Обычно список упрощенных наименований располагается только вдоль строк матрицы. Каждая задача соответствует одной строке матрицы. Зависимость задачи от других помечается с помощью отметки “X”, который проставляется в ячейках, соответствующих этим другим задачам. Диагональные ячейки матрицы заполняются обозначениями соответствующих задач.

Матрица структуры разработки наиболее полезна в том случае, когда задачи в списке располагаются в том порядке, в котором они должны выполняться. Отметим, что если при этом матрица содержала только последовательные задачи, то матрица становится треугольной; ее часть выше диагонали не будет содержать отметок. Отметки, появляющиеся выше диагонали, имеют особый смысл – они говорят о том, что задача зависит от задач, которые должны были выполняться позже. Это может означать, что список задач не упорядочен и его нужно скорректировать. Если же список полностью упорядочен, то это означает, что задачи являются совмещенными. Признаком параллельности двух задач является отсутствие отметок на пересечении соответствующих им строк и столбцов матрицы.



Рис. 3.2 Пример матрицы структуры разработки

Практика показывает, что матрица структуры разработки является удобным графическим отображением взаимозависимости между задачами проекта и может эффективно использоваться для управления проектом как на стадии планирования, так и на стадии исполнения.

Диаграммы Ганта. Традиционным средством для отображения временного план-графика выполнения задач проекта являются диаграммы Ганта. Пример диаграммы Ганта для проекта СК приведен на рис.3.3. В левой части диаграммы перечисляются задачи проекта, а по горизонтальной оси откладывается временная ось. Затемненные прямоугольники соответствуют выполненной части проекта, а пустые – невыполненной части проекта. Вертикальная линия на диаграмме отмечает текущую дату. В приведенном примере видно, что задача D вышла из графика, а задача E опережает график.

Диаграмма Ганта не только явным образом отображает взаимозависимость между задачами. Взаимозависимости накладывают ограничения, но не полностью детерминируют план-график выполнения задач проекта. Взаимозависимости показывают, какая задача должна быть завершена до того, как могут быть начаты другие, а какие задачи могут выполняться параллельно. Если две задачи на диаграмме Ганта перекрываются во времени, то они могут выполняться параллельно, последовательно, или по итеративной схеме, как совмещенные задачи. Параллельные задачи могут перекрываться во времени в целях улучшения план-графика, так как они не

зависят одна от другой. Последовательные задачи могут перекрываться во времени в зависимости от сущности необходимой для продолжения работ информации. Совмещенные задачи должны перекрываться во времени, так как они требуют одновременного выполнения или использования итеративного подхода.

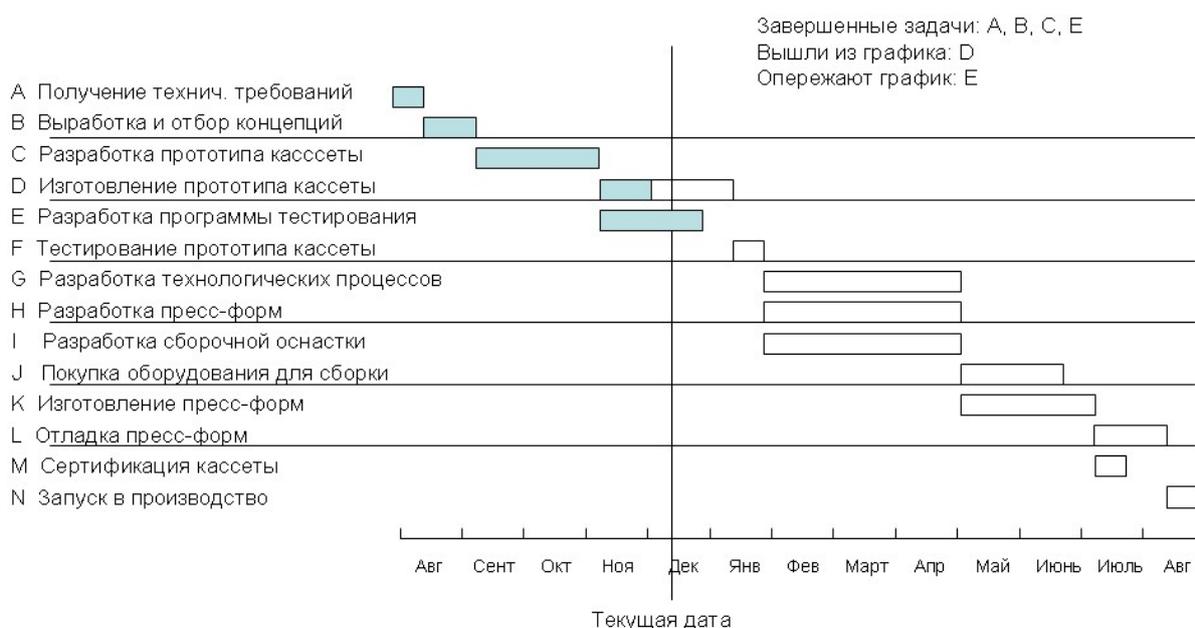


Рис. 3.3 Пример диаграммы Ганта

Существуют специальные программные средства, поддерживающие построение диаграмм Ганта. В частности, таким средством является система MS Project, которая может интегрироваться с PDM SmartTeam. При этом время начала и время окончания задания переносятся в учетную карточку соответствующего объекта (детали, технологического процесса и т. д.), хранящегося в дереве проекта PDM-системы.

PERT-диаграммы. PERT (program evaluation and review technique) диаграммы явным образом отображают как взаимозависимость задач проекта, так и их выполнение во времени. Это достигается за счет комбинирования определенной информации, характерной для матриц структуры разработки и диаграмм Ганта. Из нескольких существующих видов PERT-диаграммы рассмотрим тот вид, в котором выполняемые действия соответствуют узлам (блокам) диаграммы. На рис.3.4 изображена такая PERT-диаграмма для проекта СК. В блоке диаграммы указывается как обозначение задачи, так и предполагаемое время ее выполнения. Отметим, что представление в виде PERT-диаграммы не дает возможности отображать обратные связи и

поэтому не может явным образом иллюстрировать итеративные схемы выполнения совмещенных задач. В силу этого, совмещенные задачи G, H и I сгруппированы вместе и представлены как одна задача. Графическое представление PERT-диаграмм предполагает, что все связи между блоками идут слева направо, что соответствует последовательности выполнения задач. Если изобразить каждый блок так, чтобы его длина соответствовала времени выполнения задачи, как в диаграмме Ганта, то PERT-диаграмму можно также использовать для отображения план-графика проекта.

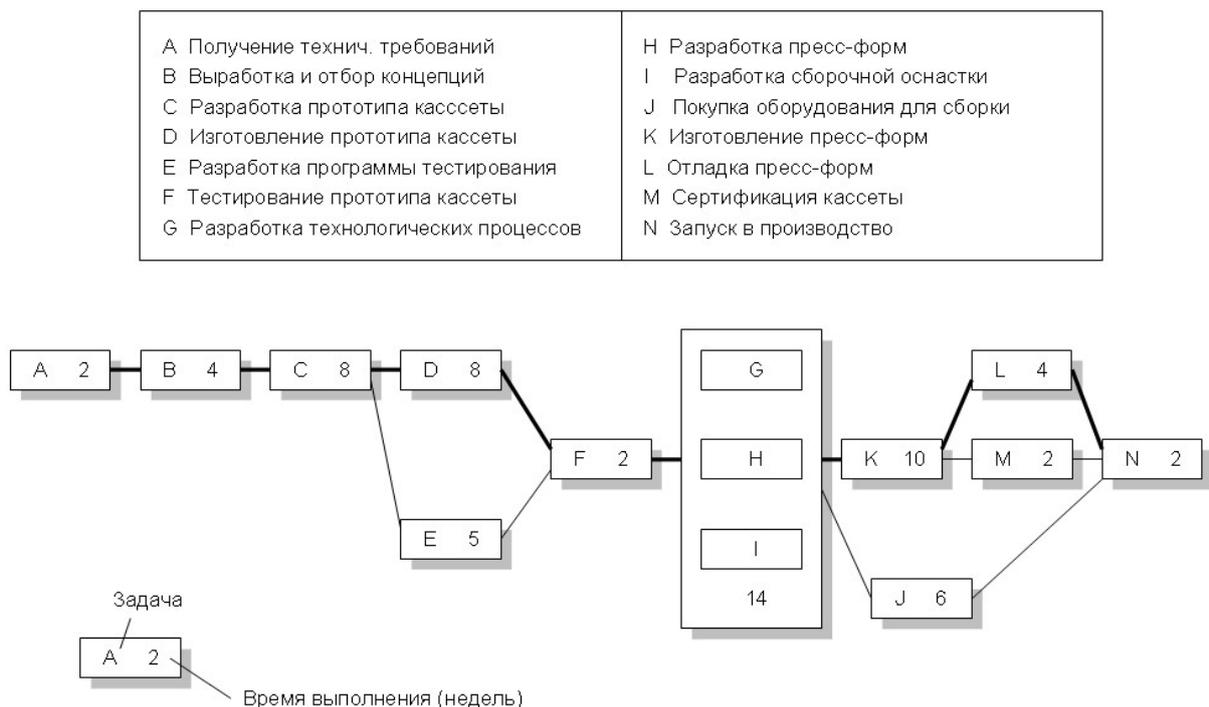


Рис. 3.4 Пример PERT- диаграммы

Критический путь. Взаимозависимость между задачами в PERT-диаграмме, некоторые из которых могут выполняться последовательно, а некоторые параллельно, приводит к понятию критического пути. Критический путь представляет собой наиболее длинную по времени цепочку взаимосвязанных событий. Это последовательность задач, суммарное время выполнения которых определяет собой минимально возможное время выполнения всех задач проекта. Критический путь для проекта СК на рис.3.4 обозначен жирной линией. Определение критического пути важно потому, что задержка в выполнении любой из задач, которые лежат на критическом пути, может привести к увеличению длительности проекта. Так, в примере на рис.3.3 показано, что задача D вышла из графика. Так

как эта задача лежит на критическом пути, то эта задержка, если она не будет скорректирована, приведет к задержке выполнения всего проекта.

Пути ускорения проекта. Сокращение времени часто является одной из главных проблем при планировании и выполнении проекта. Одним из путей для сокращения времени проекта является сокращение общего времени выполнения задач, лежащих на критическом пути. Для такого сокращения могут быть использованы следующие способы [13]:

- *Более быстрое выполнение задач, лежащих на критическом пути.* Выделение критического пути дает то преимущество, что позволяет сосредоточить основное внимание только на этой последовательности задач. Обычно критический путь включает в себя лишь небольшую часть всех задач проекта, так что дополнительные затраты, необходимые для ускорения решения этих задач, могут быть определены сравнительно быстро. Иногда ускорение критического пути может быть достигнуто за счет анализа лежащих на нем задач с тем, чтобы раньше начать их выполнение. Отметим, что ускорение выполнения задач, лежащих на критическом пути, может привести к изменению критического пути, так что в него будут входить те задачи, которые ранее не являлись критическими.
- *Агрегирование страховочного времени.* Оцениваемое время выполнения каждой задачи обычно включает в себя некоторое «страховочное время». Это время для многих задержек, которые имеют место при выполнении каждой задачи. К характерным задержкам относятся: ожидание информации; ожидание одобрения решения; прерывания, поступившие от других задач; превышение трудности задачи в сравнении с первоначальной оценкой. Агрегирование страховочного времени предполагает, что страховочное время вычитается из каждой задачи вдоль критического пути, после чего все эти времена агрегируются в *буфере проекта*, который размещается в конце план-графика. Так как потребность в увеличении времени выполнения задачи проявляется случайным образом, то только некоторые из задач в действительности будут использовать время из буфера проекта. Поэтому размер буфера проекта может быть меньше, чем сумма времен безопасности в случае, если бы эти времена были бы включены непосредственно в задачи, и критический путь может быть пройден быстрее. На практике буфер проекта может только требовать начать работу при размере буфера, равном половине сокращенного критического пути. Этот метод получил название метода *критической цепочки*. Кроме буфера проекта, метод предусматривает использование *локальных буферов* для защиты критического пути от задержек, которые могут внести в него не критические задачи. Каждый локальный буфер агрегирует страховочные времена, лежащие на соот-

ветствующем некритическом пути. Пример использования буфера проекта и локальных буферов приведен на рис.3.5.

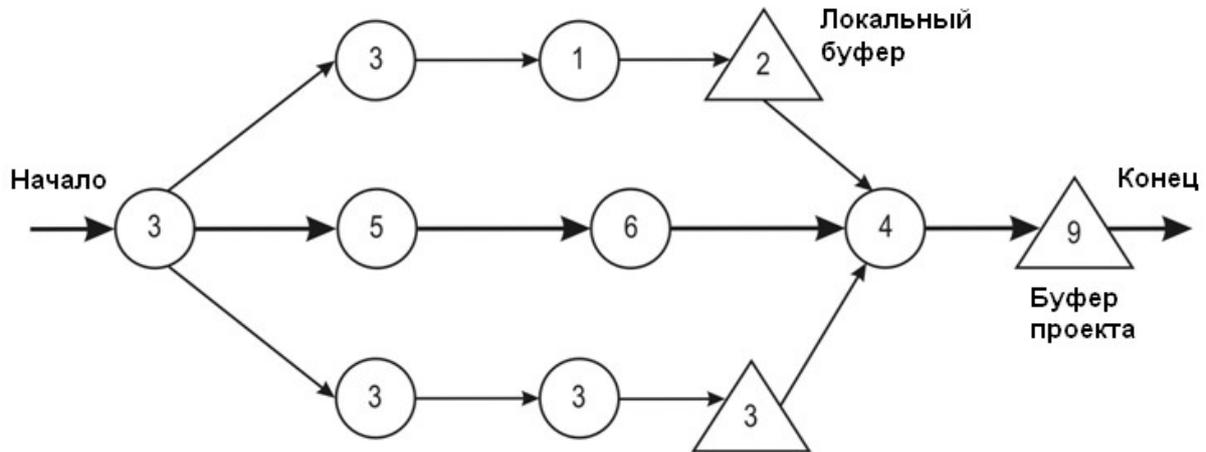


Рис. 3.5 Использование временных буферов в методе критической цепочки

- *Полное исключение некоторых задач, лежащих на критическом пути.* Тщательное рассмотрение всех задач, лежащих на критическом пути, позволяет, в ряде случаев, выявить некоторые из них, которые могли бы быть удалены или решены другим образом.
- *Исключение для критического пути задержек, связанных с ресурсами.* Задачи, лежащие на критическом пути иногда задерживаются из-за ожиданий занятого ресурса. Время ожидания ресурса зачастую превышает реальное время его использования при решении данной задачи. Задержки, связанные с ожиданием, особенно заметны при доставке специальных компонент от поставщиков. Иногда таких задержек можно избежать за счет определенного ассортимента материалов и компонент. В других случаях узким местом могут быть административные задачи, такие как утверждение заявки на приобретение комплектующих. Здесь при устранении задержек важную роль может играть активная позиция руководителя проекта.
- *Перекрытие во времени задач, лежащих на критическом пути.* Путем рассмотрения взаимосвязей между задачами, лежащими на критическом пути, можно выявить некоторые из них, которые допускают их перекрытие во времени или параллельное выполнение. В некоторых случаях это может потребовать пересмотра задач, а в других – повлечь за собой лишь обмен промежуточной информацией при решении задач, которые формально являются последовательными.

-
- *Аутсорсинг.* Ресурсы проекта всегда ограничены. Если имеющиеся ресурсы накладывают серьезные ограничения на проект, можно использовать аутсорсинг, то есть передачу части задач на исполнение сторонним организациям или другим филиалам предприятия, что может заметно ускорить выполнение проекта в целом.

Еще один набор рекомендаций по сокращению времени выполнения проекта, не связан с ускорением критического пути, а нацелен на более быстрое выполнение совмещенных задач. Напомним, что совмещенные задачи должны решаться одновременно или с использованием итеративных схем.

- *Более быстрое проведение итераций.* Многие задержки при решении совмещенных задач связаны с передачей информации от одного исполнителя к другому и с ожиданием ответа. Поэтому ускорения можно достичь за счет более быстрого и более регулярного обмена информацией.
- *Разъединение совмещенных задач для избежания итераций.* Часто можно устранить итерации или уменьшить их число за счет разъединения совмещенных задач. Например, при определении интерфейса между двумя компонентами на определенном этапе проектирования, дальнейшая разработка этих компонент может вестись независимо и параллельно.

4. Построение бизнес-процессов, обеспечивающих минимизацию стоимости изготовления изделия

Выше отмечалось, что проведение реинжиниринга невозможно без понимания предметной области и сущности протекающих в ней бизнес-процессов. В п. 2 была рассмотрена общая структура и состав бизнес-процессов проектирования нового изделия. Здесь мы более детально рассмотрим процессы отработки изделия на технологичность, направленные на минимизацию стоимости изготовления изделия.

Отработка изделия на технологичность представляет собой выбор таких проектных решений, которые обеспечивают снижение стоимости изготовления изделия и одновременно улучшают, или по крайней мере не ухудшают, его качество.

Отработка на технологичность выполняется в течение всей разработки изделия. Она начинается на фазе разработки концепции, когда технические требования становятся известными. При выборе концепции изделия стоимость изготовления почти всегда является одним из критериев, на основании которых принимается решение – даже если оценка стоимости в значительной мере субъективна и неточна. На фазе системного проектирования изделия принимаются решения о том, как структурировать изделие на различные модули, базируясь в основном на оценках стоимости и сложности изготовления. Точные оценки стоимости становятся доступны на фазе детального проектирования, когда еще большее число решений принимается с учетом аспектов, связанных с изготовлением.

Методика отработки на технологичность, иллюстрируемая рис.4.1, состоит из следующих пяти шагов:

- Оценка стоимости изготовления;
- Уменьшение стоимости компонент;
- Уменьшение стоимости сборки;
- Уменьшение затрат на обеспечение;
- Рассмотрение влияния технологичности на другие факторы.

Как показано на рис.4.1, отработка на технологичность начинается с оценки стоимости изготовления изделия. При оценке определяются основные составляющие стоимости – стоимость компонент, стоимость сборки и затраты на обеспечение процессов производства. На последующих трех

этапах рассматривается возможность уменьшения каждой из этих составляющих. Этот процесс является итеративным. На практике пересчет оценки стоимости и улучшение проектных решений может выполняться десятки раз до того, как результат будет сочтен удовлетворительным. По мере того, как проектные решения совершенствуются, отработка на технологичность может быть продолжена даже на этапе создания опытного образца изделия. В некоторый момент проектирование «замораживается» и последующие модификации будут носить характер инженерных изменений или будут отложены до выпуска новой версии изделия.



Рис. 4.1 Процесс отработки на технологичность

Оценка стоимости изготовления. На рис.4.2 изображена модель производственной системы в виде «черного ящика». Входами этой модели

являются материалы, поставляемые компоненты, действия работающего персонала, энергетические ресурсы и производственное оборудование. Выходами модели являются конечная продукция и отходы. Стоимость производства представляет собой сумму всех затрат на входные воздействия системы и на утилизацию произведенных системой отходов. Для оценки стоимости обычно используется стоимость изготовления изделия, которая определяется как частное от деления общей стоимости производства за данный период (квартал или год) на число произведенных за этот период изделий. Этот простой подход на практике усложняется необходимостью ответа на следующие вопросы:



Рис. 4.2 Упрощенная модель производственной системы

- Где проходят границы производственной системы? Должно ли входить в нее сервисное обслуживание? Что следует относить к действиям персонала?
- Как учитывать долю изделия в затратах на дорогостоящее технологическое оборудование, которое потом остается и используется в течение многих лет?
- Как распределяются затраты по отношению к нескольким видам продукции, выпускаемым одновременно в больших производственных системах?
- Как оценить затраты на управление производственными процессами?

На рис.4.3 показано разделение стоимости изготовления изделия по ряду категорий. В соответствии с этой схемой, стоимость разделяется по трем основным категориям:

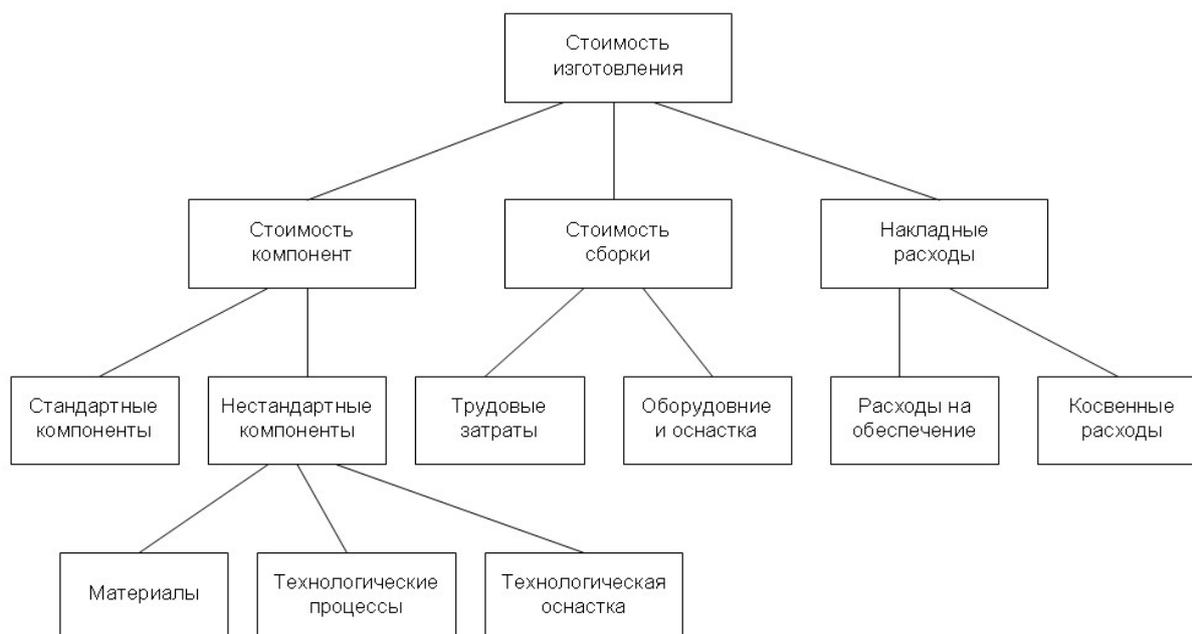


Рис. 4.3 Составляющие стоимости изготовления изделия

- *Стоимость компонент:* Компоненты изделия (часто также называемые деталями) могут включать в свой состав стандартные компоненты, приобретаемые у поставщиков. Примерами стандартных компонент могут служить сервомоторы, переключатели, электронные чипы, винты. Все другие компоненты изготавливаются с использованием необходимых материалов (сталь, пластмасса и др.) на собственных производственных мощностях или изготавливаются поставщиками на основе имеющейся проектной документации.
- *Стоимость сборки:* Как известно, в дискретном производстве изделие собирается из деталей и узлов. Процесс сборки почти всегда требует трудовых затрат персонала, а также использования специального оборудования и оснастки.
- *Накладные расходы:* Накладные расходы присутствуют в расчете любой стоимости. Их можно разделить на расходы на обеспечение и косвенные расходы. Расходы на обеспечение являются затратами, связанными с хранением материалов, гарантийными обязательствами, приобретением и доставкой компонент, обслуживанием оборудования. Все

эти расходы существенно зависят от сложности и от состава изделия. Косвенные расходы не могут быть непосредственно связаны с изготовлением конкретного изделия, хотя они присутствуют в любом бизнесе. Например, содержание штата охраны или оплата аренды здания являются косвенными расходами, так как они распределены между разными видами продукции и их трудно отнести к конкретному изделию. Так как подобные расходы конкретно не связаны с разработкой изделия, то они не являются важными и для отработки на технологичность.

Другим способом классификации производственных затрат является их разделение на *фиксированные и переменные затраты*. *Фиксированные затраты* могут быть определены на основании заранее известных сумм, которые не зависят от того, какое количество изделий будет произведено. Приобретение пресс-формы может служить примером фиксированных затрат. Независимо от числа деталей, изготавливаемых с помощью пресс-формы, ее стоимость остается неизменной. Другим примером является стоимость наладки производственного оборудования, необходимого для сборки электродвигателя. Эта стоимость также является фиксированной, независимо от того, сколько электродвигателей будет собрано. Однако, несмотря на терминологию, не бывает фиксированной, в полном смысле этого слова, стоимости. Если мы решим увеличить производство продукции в четыре раза, то нам могут понадобиться другие производственные мощности. И наоборот, мы можем объединить два сборочных участка, если мы не можем эффективно их использовать в случае резкого снижения выпуска продукции. При рассмотрении стоимости как фиксированной, следует учитывать примерные объемы и предполагаемые временные интервалы производства.

В отличие от фиксированных, *переменные затраты* находятся в прямой зависимости от числа произведенных изделий. Например, стоимость использованных материалов прямо пропорциональна числу изготовленных изделий. Стоимость работ по сборке также может иногда рассматриваться как переменные затраты, потому что многие компании могут регулировать численность занятого сборкой персонала, переключая людей на другую работу.

Оценка стоимости стандартных компонент. Стоимость стандартных компонент оценивается либо путем их сопоставления с уже используемыми аналогичными компонентами, либо на основании прейскурантов (прайс-листов), взятых у поставщиков. Стоимость второстепенных компонент, таких как крепежные элементы или пружины, обычно оценивается на основании имеющегося опыта, тогда как стоимость основных компонент обычно оценивается с использованием прайс-листов. При их использовании важно иметь четкое представление о приобретаемом количестве ком-

понентов. Например, при покупке 10 винтов стоимость одного винта по прайс-листу может быть в несколько раз выше, чем при покупке 100 000 винтов.

Оценка стоимости нестандартных компонент. Нестандартные компоненты, которые являются деталями или узлами, спроектированными специально для данного изделия, могут быть изготовлены или самой компанией – производителем, или поставщиком. При производстве большинства таких компонент используются те же самые технологии, что и при производстве стандартных компонент (инжекционное литье, штамповка, механическая обработка и др.); однако, нестандартные компоненты отличаются тем, что предназначены специально для конкретного вида изготавливаемой продукции.

Стоимость исходного материала можно оценить путем расчета массы детали и учета процента отходов (например, от 5% до 50% при инъекционном литье, или от 25% до 100% при вырубке из листового металла), после чего суммарная масса материала для одной детали умножается на стоимость единицы материала. Затраты на процессы изготовления включают в себя как стоимость выполнения производственных операций, так и стоимость использования производственного оборудования. Оценка времени, необходимого для выполнения производственной операции, обычно требует опыта по использованию данного оборудования. Однако, полезно иметь представление о средней стоимости наиболее употребительных производственных процессов.

Оценка стоимости сборки. Для изделий, которые производятся в объемах менее чем несколько сот тысяч в год, сборка почти всегда выполняется вручную. Одним из исключений здесь является сборка электронных печатных плат, которая почти всегда выполняется автоматически, даже при сравнительно небольших объемах производства. Вероятно, число таких исключений со временем будет расти, так как гибкое и точное автоматическое оборудование для выполнения сборочных работ приобретает все большее распространение.

Затраты на ручную сборку можно оценить путем суммирования времени сборочных операций и последующего умножения этой суммы на стоимость оплаты труда. Каждая сборочная операция может требовать от 4 до 60 секунд, в зависимости от степени ее сложности и объемов производства. При больших объемах производства рабочие могут специализироваться на отдельных сборочных операциях, а также применять специальный инструмент, что ускоряет сборку. Существует специальное программное обеспечение, которое помогает рассчитывать стоимость сборки.

Уменьшение стоимости компонент. Для сложной наукоемкой продукции стоимость компонент вносит наиболее существенный вклад в

стоимость производства изделия. Ниже мы рассмотрим некоторые общие способы минимизации стоимости компонент.

Понимание имеющихся ограничений. Некоторые детали могут оказаться дорогими просто потому, что конструктор не понимал имеющихся возможностей и ограничений производственных процессов. Например, конструктор мог задать малый внутренний радиус на детали, которая изготавливается методом фрезерования, не понимая, что для получения такого радиуса придется дополнительно использовать прошивное электроэрозионное оборудование. Конструктор может задать размеры с высокими требованиями к точности не понимая, что достичь такой точности будет очень сложно. Иногда такие «дорогостоящие» элементы даже не являются необходимыми с точки зрения функциональных требований к детали, а возникают вследствие недостатка знаний. В большинстве случаев можно изменить параметры детали так, чтобы сохранить ее функциональность и избежать дорогостоящих технологических операций; однако для этого конструктор должен знать, какие операции являются для производства сложными и от чего зависит их стоимость.

В некоторых случаях ограничения производственных процессов могут быть сообщены конструктору в краткой форме в виде правил проектирования. Например, возможности автоматической лазерной установки для раскроя листового металла могут быть кратко описаны в виде допустимых видов металла, толщины и максимальных размеров листа, минимальной ширины реза. Зная это, конструктор по возможности будет стараться удовлетворить имеющимся ограничениям и избегать неоправданного увеличения стоимости.

Для процессов, простое описание возможностей которых отсутствует, лучшей стратегией является работа в тесном контакте с людьми, которые глубоко понимают эти процессы. Такие эксперты из сферы производства часто дают хорошие идеи по поводу того, как спроектировать деталь, чтобы уменьшить стоимость ее изготовления.

Изменение компонент с целью исключения некоторых операций. Тщательное рассмотрение предложенного конструкторского решения может привести к мысли о внесении в него изменений, которые будут способствовать упрощению процесса изготовления. Уменьшение числа операций обычно приводит к снижению стоимости. Некоторые операции могут просто быть необязательными. Например, детали из алюминия могут не требовать покраски, особенно если они не видны пользователю. В некоторых случаях ряд операций может быть исключен посредством замены на альтернативную операцию. Характерным примером является объединение ряда обрабатываемых поверхностей в одну общую поверхность, которая изготавливается методом литья или горячей штамповки. Часто конструктор

торы оказываются в состоянии использовать одну такую операцию для получения формы детали, которая почти совпадает с конечными требованиями и может нуждаться лишь в небольших дополнительных доработках, таких как сверление отверстий или срезание облоя.

Выбор более экономичного процесса изготовления детали. Стоимость изготовления изделия обычно снижается при увеличении объемов его производства. Этот эффект объясняется двумя основными причинами: во-первых, фиксированная стоимость распределяется между возросшим числом изделий, и, во-вторых, компания может снизить переменную стоимость за счет использования более мощного оборудования и более эффективных производственных процессов.

Производственные процессы можно также рассматривать как имеющие фиксированные и переменные затраты. Фиксированные затраты не зависят от того, сколько деталей произведено, а переменные изменяются с каждой произведенной деталью. Процессы, которым свойственны низкие фиксированные и высокие переменные затраты, такие как механическая обработка, применяются при небольших объемах производства. С другой стороны, процессы, которым свойственны высокие фиксированные и низкие переменные затраты, такие как инжекционное литье (литье деталей на термопластавтоматах), применяются в случаях, когда нужно обеспечить большие объемы производства. Эта ситуация иллюстрируется на рис.4.4, где видно, что если объем производства будет ниже 1000 изделий, то применение механической обработки будет более выгодным, тогда как при высоких объемах производства более выгодным является использование инжекционного литья.

Стандартизация компонент и процессов. Экономия может быть достигнута за счет стандартизации компонент изделия и процессов их изготовления. Если компонент является стандартным, то он используется не только в данном изделии, но и в других, что приводит к увеличению объемов его производства. При возрастании же объемов производства затраты на изготовление единицы продукции, как известно, сокращаются. Кроме того, изготовление стандартных компонент может быть поручено поставщику, что также может снизить суммарные затраты на производство изделия.

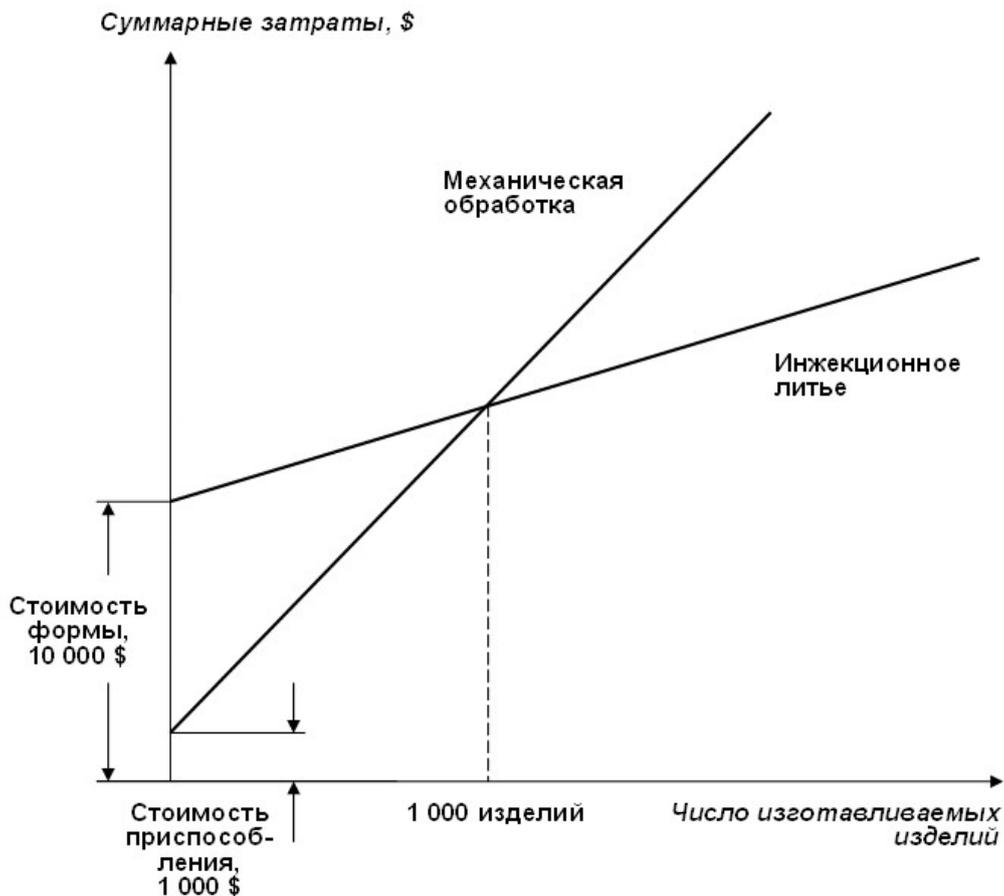


Рис. 4.4 Затраты на изготовление изделия (детали) методами механической обработки и инжекционного литья в зависимости от объемов производства

Нужно стремиться по возможности использовать те же самые стандартные компоненты в одном изделии, если это возможно. Например, если какие либо компоненты изделия являются идентичными по функциональности, но имеют незначительные отличия по геометрии, то можно пойти на использование унифицированного компонента, если это признано допустимым.

Уменьшение стоимости сборки. Для большинства изделий затраты на сборку составляют относительно небольшую часть общей стоимости изготовления. Однако рассмотрение этих затрат дает большой косвенный эффект. Результатом такого рассмотрения может стать уменьшение числа деталей в изделии, снижение сложности изготовления и сокращение затрат на обеспечение процесса производства. Рассмотрим некоторые принципы, соблюдение которых помогает уменьшить стоимость сборки.

Интегрированные детали. Если деталь не квалифицирована как входящая в теоретически минимальное число деталей в сборке, то она может

рассматриваться в качестве кандидата на ее интеграцию с одной или несколькими другими деталями. Получающийся в результате многофункциональный компонент обычно оказывается очень сложным из-за объединения разнородных геометрических форм, которые ранее могли бы принадлежать разным деталям. Однако детали, получаемые методами литья или штамповки, могут часто иметь дополнительные геометрические элементы, лишь немного увеличивая, или совсем не увеличивая при этом стоимость изготовления. Таким образом, если это возможно, то две или несколько смежных деталей могут быть объединены в одну, изготавливаемую с помощью литья или штамповки.

Интеграция деталей обеспечивает следующие преимущества:

- Интегрированные детали не нуждаются в сборке, так как они уже «собранны» в процессе их изготовления.
- Интегрированные детали зачастую являются менее дорогостоящими, чем если бы каждая из составляющих была изготовлена отдельно. Для процессов литья или штамповки более сложная пресс-форма или штамп как правило будет стоить дешевле, чем стоили бы несколько более простых пресс-форм или штампов. Кроме того, процесс литья или штамповки одной детали дешевле, чем процесс аналогичного изготовления нескольких деталей.
- Интегрированная деталь связывает геометрические параметры нескольких компонент, что уменьшает число размеров, которые нуждаются в контрольных операциях при сборке.

Отметим однако, что интеграция деталей не всегда является эффективной стратегией и может входить в конфликт с другими методами снижения стоимости изготовления.

Простота сборки. Два изделия с одинаковым числом деталей могут, тем не менее, отличаться по времени их сборки в два или три раза. Причина этого в том, что на практике время взятия, ориентирования и установки детали зависит от геометрии деталей и от способа их установки. Оптимальные свойства детали, с точки зрения сборки, состоят в следующем:

- *Деталь устанавливается в верхней части сборки.* Если все детали обладают этим свойством, то положение сборки в процессе работы не меняется, а сборщик может всегда видеть результат своей работы.
- *Деталь обладает свойством самосовмещения.* Детали, которые требуют их точного позиционирования, требуют медленных и точных действий от сборщика. Детали могут быть спроектированы так, чтобы они могли точно совмещаться между собой самостоятельно, без усилий

сборщика. Наиболее общий способ самосовмещения заключается в использовании выступов и пазов.

- *Деталь не нуждается в ее ориентировании.* Детали, которые нуждаются в ориентировании (например, винты), требуют больше времени при сборке, чем детали без ориентирования (например, шарик). В наихудшем случае ориентацию нужно выполнять по трем осям.
- *Деталь требует использования только одной руки.* Это свойство связано в основном с размерами детали и усилиями, затрачиваемыми при ее сборке. При прочих равных условиях сборка с помощью одной руки требует меньше времени.
- *Деталь не требует использования инструмента.* Сборочные операции, которые требуют использования специального инструмента или приспособлений, выполняются дольше, чем простые ручные операции.
- *Деталь при сборке перемещается в одном направлении.* Вставка штифта требует меньше времени, чем завинчивание винта или гайки. Предпочтительно, когда при сборке деталь нужно перемещать только в одном направлении.
- *Деталь закрепляется непосредственно при сборке.* Некоторые детали требуют при сборке их последующего закрепления с помощью герметизации, термофиксации или использования других деталей. До такого закрепления сборка может быть нестабильной, требовать особого обращения или использования специальных приспособлений.

Уменьшение затрат на обеспечение. Снижая затраты на изготовление компонент и затраты на сборку, можно одновременно добиваться снижения затрат на обеспечение процессов производства. Например, уменьшение числа деталей в сборке сокращает потребность в людях, занимающихся управлением производственными процессами. Снижение числа операций сборки сокращает число занятых в ней рабочих, и тем самым снижает потребность в управленческом персонале. Стандартизация компонент изделия снижает затраты на конструкторские разработки и на операции технического контроля. Здесь мы рассмотрим некоторые прямые действия, направленные на снижение затрат на обеспечение процессов производства.

Важно помнить, что оценка стоимости изготовления часто является нечувствительной к большому числу факторов, которые реально влияют на величину накладных расходов. Тем не менее, целью должно быть снижение затрат на обеспечение даже в том случае, если оно не изменяет величину накладных расходов.

Минимизация сложности производственной системы. Самая простая производственная система могла бы использовать один процесс для преобразования исходного материала в готовое изделие. К сожалению, существует мало подобных систем. Сложность производственной системы является следствием большого числа входных воздействий и процессов их преобразования в выходы системы. Многие реальные производственные системы включают в себя сотни поставщиков, тысячи различных деталей, сотни людей и десятки видов производственных процессов. Каждый вариант связи этих элементов системы увеличивает ее сложность. Степень сложности во многом является следствием особенностей конструкции изделия, и поэтому она может быть минимизирована за счет более продуманных проектных решений.

Обеспечение защиты от ошибок. Важным аспектом отработки на технологичность является предупреждение возможных ошибок в производственной системе путем принятия соответствующих проектных решений. Один из распространенных видов ошибки является следствием использования малоразличимых деталей, которые из-за их внешнего сходства легко перепутать. В качестве примера можно привести винты, незначительно отличающиеся только длиной резьбовой части или направлением резьбы. Для исключения подобных ошибок можно порекомендовать либо по возможности унифицировать похожие детали, либо проводить их специальную маркировку. Например, похожие пластмассовые детали могут быть отлиты из пластмассы разного цвета.

Рассмотрение влияния технологичности на другие факторы. Минимизация стоимости изготовления не является единственной целью процесса разработки. Экономический успех изделия зависит также от его качества, времени выхода изделия на рынок и затрат на разработку проекта. Поэтому здесь мы рассмотрим другие важные факторы, на которые может оказывать влияние отработка изделия на технологичность.

Влияние на время разработки. Время разработки может являться дорогостоящим ресурсом. Так, для нового автомобиля стоимость одного дня разработки может составлять сотни тысяч долларов. Поэтому усилия, затрачиваемые на процесс отработки на технологичность, должны оцениваться как в плане их влияния на стоимость изготовления, так и в плане их влияния на стоимость разработки изделия.

Влияние на стоимость разработки. Стоимость разработки непосредственно связана с временем разработки. Поэтому те же соображения, которые приведены в отношении влияния на время разработки, справедливы и здесь. Однако, многие команды, активно использующие метод интегрирования деталей для снижения стоимости изготовления, находят возможность не увеличивать время разработки и укладываться в имеющийся

бюджет. Этот эффект, безусловно, достигается за счет координации методов управления проектом и методов отработки изделия на технологичность.

Влияние на качество изделия. Прежде чем принимать решения по увеличению степени технологичности, команда должна оценить влияние этих решений на качество изделия. В идеальном случае снижение стоимости изготовления должно одновременно приводить к повышению качества. Однако, в некоторых случаях снижение затрат на изготовление может привести к негативным последствиям для качества, например, к снижению точности. Поэтому команда всегда должна помнить об основных параметрах качества изделия.

5. Визуальное и имитационное моделирование бизнес-процессов

В п.1 отмечено, что при анализе существующего и разработке нового бизнеса важную роль играет построение моделей компании и протекающих в ней бизнес-процессов. Модели могут различаться степенью детализации процессов, формой их представления, учетом только статических или также динамических факторов и др.

Одним из наиболее мощных средств, позволяющих выполнять не только графическое (визуальное), но и имитационное моделирование бизнес-процессов, является система Adonis. Рассмотрим ее основные возможности.

Виды моделей и режимы работы системы. Система Adonis поддерживает функциональные, информационные и организационные модели. Функциональные модели описывают бизнес-процессы предприятия, информационные – потоки документов, организационные – структуру предприятия, отделов, субординацию служащих.

Работа с системой Adonis начинается с создания новой модели (диаграммы) или открытия уже существующей. В первом случае система предлагает выбрать вид создаваемой модели. Это может быть карта компании (Company map), модель бизнес-процессов (Business process model) или модель документов (Document model). Моделирование можно начинать с создания диаграммы любого вида. Однако приоритетное положение занимают модели бизнес-процессов – в них задаются связи с документами и диаграммами рабочей среды.

Верхним уровнем описания (первой моделью) является карта компании, она содержит наименование проекта и является ссылкой на модель бизнес-процессов, представляющую собой следующий уровень детализации. Структура представления атрибутов карты компании, или «записной книжки» элементов (Notebook) Adonis, представляет собой несколько закладок:

- Description – описание элемента;
- Input/output – входная и выходная документация (базовая и генерируемая документация проекта);
- Simulation result – результаты имитационного моделирования (все параметры доступны только для просмотра).

Характеристиками процесса (process) карты компании являются:

- Name – название элемента;
- Reference process – ссылка на присоединенную модель бизнес-процессов (данная ссылка позволяет перейти к детальной диаграмме процесса);
- Open questions – перечень вопросов, актуальных для данного процесса.

Тело проекта представляет собой набор функциональных моделей, описывающих выбранный бизнес-процесс. Теоретически можно весь бизнес-процесс описать в одной диаграмме, но тогда она перестанет быть наглядной. Поэтому создается несколько моделей, связанных между собой.

Все блоки обязательно должны иметь уникальные названия (действия отличаются датой, исполнителем или местом выполнения), например, «Уточнить ТП (j)», «Утвердить ТП у начальника БТК цеха i» и др.

Параллельные работы обозначаются на диаграмме с помощью элементов разветвления (Parallelism) и объединения (Merging). Каждая модель бизнес-процесса должна содержать знаки начала и конца процесса.

Атрибуты каждого элемента моделирования могут быть заданы в соответствии с требованиями проекта. Каждый элемент моделирования обладает «записной книжкой Adonis» (контекстное меню - Notebook). Она содержит одну или несколько глав, каждая из которых может содержать одну или более страниц. Признаки, описанные в записной книжке, могут обновляться (наименование ссылки на модель автоматически изменяется при переименовании оригинала). Большинство полей сопровождаются описанием/подсказкой – значок «i» в верхнем правом углу над полем.

Модели рабочей среды и документов служат окружением диаграмм бизнес-процессов. Связи с ними задаются в Notebook какой-либо конкретной функции: для модели рабочей среды поле Responsible role (из каталога выбирается не только конкретная модель, но и роль исполнителя данной функции (технолог, начальник участка и пр.)), для модели документов поле Referenced document.

Модели рабочей среды содержат следующие элементы моделирования: исполнители (Performer), роли (Role) и подотделы (Organization unit). Модели документов включают документы и их группы.

Следующей по важности категорией после структуры проекта является описание функций управления Adonis. Интерфейс системы содержит горизонтальную и вертикальную панели инструментов. Первая задает режим работы системы (моделирование, анализ, симуляция, импорт/экспорт) и клавиши быстрого доступа, а вторая – элементы моделирования, соответствующие текущему виду диаграмм (модель бизнес-процессов, среды и прочее). Набор элементов моделирования можно менять (Горизонтальное

меню / View / Mode). Например, при выборе значения All modeling objects появятся все возможные объекты.

Кнопки быстрого доступа горизонтальной панели инструментов задают как общеизвестные функции (вырезать, вставить, найти, отменить и пр.), так и несколько новых:

- «Graphical model view» - отображать объекты в виде модели;
- «Tabular model view» - отображать объекты в виде таблицы;
- «Snap grid – visible/invisible» - показать/убрать сетку;
- «Global change» - функция «глобальные изменения» позволяет вам изменять несколько атрибутов объекта в одной или нескольких моделях одновременно;
- «Drawing area» - изменение области рисунка, отмеченной серыми линиями в рабочей области (можно двигать границы мышкой, а можно положение границ задать точно с помощью данной кнопки; единицы измерения: см. и страницы);
- «Generate graphics» - сохранить модель как рисунок (с расширением bmp, jpg и другими);
- «Time and cost» - расчет времени и стоимости процесса (возможен при задании всех необходимых атрибутов и непротиворечивости модели).

Как было сказано выше, все элементы моделирования, включая соединители, обладают определенными характеристиками. Кроме имени, описания, ссылок на другие модели, параметров визуализации возможно задание дополнительных свойств объектов. Для функциональных компонент это время исполнения задания, время ожидания в очереди на исполнение, время ожидания транспортировки, время транспортировки, стоимость выполнения задания. На рис. 5.1 показана соответствующая страница notebook, указанные поля расположены на ней в порядке сверху вниз.

При более высоком уровне детализации можно задать множество других параметров – приоритет задачи, максимальное значение времени ожидания, классификацию задания (автоматически, вручную); для рабочей среды – число рабочих дней, длительность рабочего дня, почасовую оплату труда (hourly wages), календарь, непредвиденные расходы на исполнителя (Variable costs of performer), способности исполнителя (загрузка, работоспособность) и др.

Соединители на моделях в отличие от объектов обладают только описательными характеристиками (вперед, назад / да, нет).

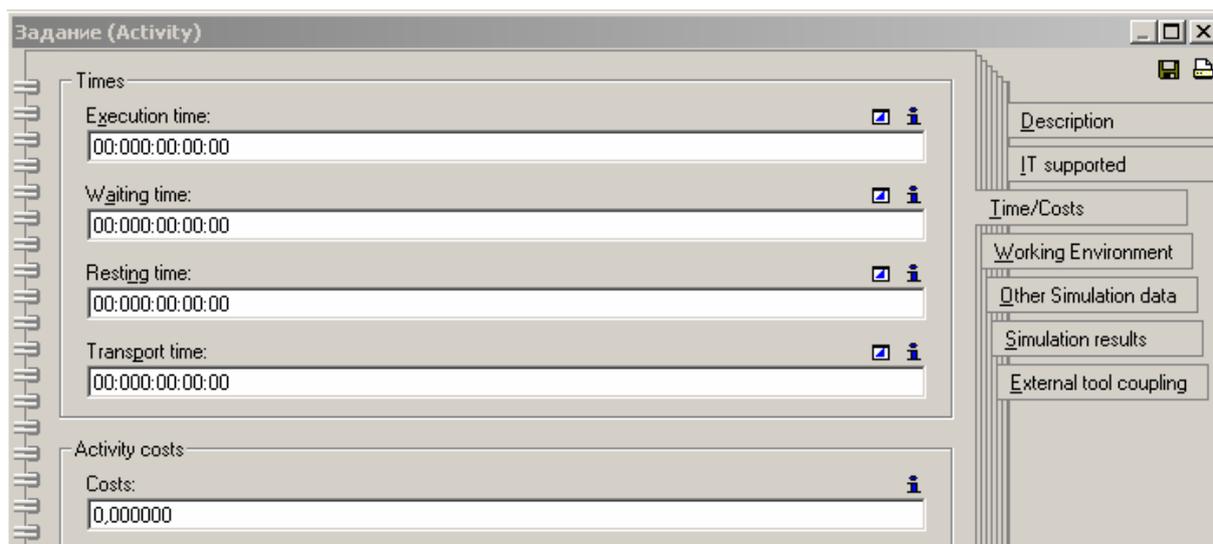


Рис. 5.1. Задание параметров времени для функциональной компоненты модели Adonis

Теперь рассмотрим режимы работы системы. При работе с системой пользователь может выбрать один из следующих режимов:

- Приобретение – Acquisition (импортирование данных из таблиц Microsoft Excel, сохраненных в ADL формате);
- Моделирование – Modelling (создание и редактирование моделей: объектов соединителей и атрибутов);
- Анализ – Analysis (создание запросов системе для оценки бизнес-процессов, результаты могут быть представлены в табличной или графической форме);
- Симуляция – Simulation (четыре алгоритма имитационного моделирования: Path analysis – определение оптимального пути выполнения задания в моделях бизнес-процессов, Capacity Analysis – определение оптимального состава и структуры отделов за счет оценки времени загрузки каждого отдельного исполнителя), Workload Analysis (два типа) – определение рабочей загрузки процесса (календарное планирование);
- Оценка – Evaluation (три алгоритма: Comparative representation of results – сравнительная оценка результатов анализа (предварительно сохраненных в ADL формате) нескольких процессов в виде таблицы или диаграммы, Flowmark Audit Trail Evaluation – расчет времени исполнения и ожидания, время цикла для отдельных операций или процессов в диаграммах управления потоками производственных заданий Flowmark, Evaluation queries – оценка процессов по стандартным запросам, хранимым в библиотеке системы, прикладная библиотека автоматически ус-

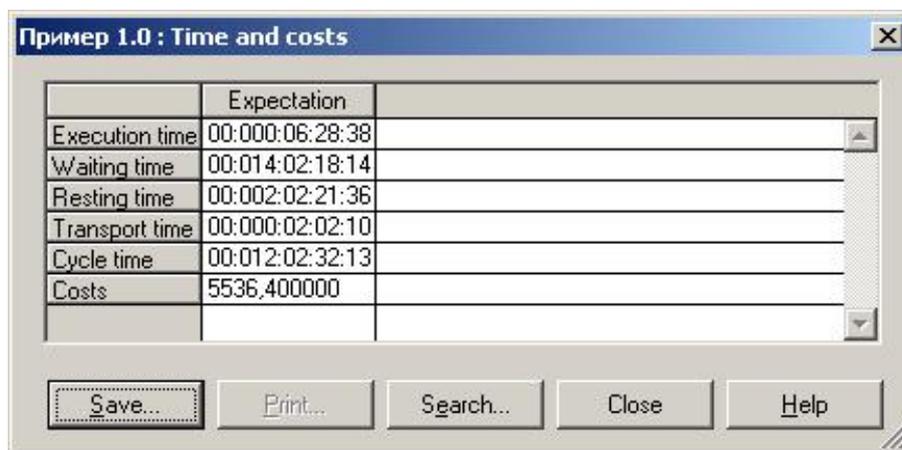
танавливается вместе с системой, может быть дополнена администратором);

- Import/Export – сохранение моделей Adonis в ADL формате (ADL Export) и загрузка ADL файлов внешних моделей (ADL Import), сохранение моделей Adonis в FDL формате (FDL Export) для последующего их импорта в системы управления потоками заданий Workflow, сохранение документации моделей в HTML и RTF форматах).

Например, затраты времени и средств на выполнение какого-либо бизнес-процесса вычисляются с помощью функции «Time and cost», представленной на панели быстрого доступа. Если процесс содержит условные переходы их необходимо правильно описать, задействовав дополнительные элементы моделирования.

В результате расчета система выдает таблицу с результатами времени и стоимости процесса (это не простое сложение параметров, а анализ схемы с учетом заданных степеней вероятности и совместной обработки различных путей решения). При этом случайным образом выбирается путь и просчитывается. Если на модели присутствует схема с параллельными участками, то выбирается максимальное время.

На рис. 5.2 представлена таблица результатов анализа модели по времени и стоимости процесса, при этом в качестве модели понимается вся система вложенных диаграмм.



	Expectation	
Execution time	00:000:06:28:38	
Waiting time	00:014:02:18:14	
Resting time	00:002:02:21:36	
Transport time	00:000:02:02:10	
Cycle time	00:012:02:32:13	
Costs	5536,400000	

Buttons: Save... Print... Search... Close Help

Рис. 5.2. Системный отчет по анализу «Time and cost» модели

Все виды расчетов производятся только в том случае, если пользователь правильно составил схему процесса, задал все требуемые переменные, создал все необходимые для расчетов модели. В противном случае система

выдаст ошибку – подсветит недоопределенный элемент и опишет возникшую проблему.

Таким образом, Adonis позволяет проводить:

- оптимизацию бизнес-процессов;
- калькуляцию себестоимости процессов;
- руководство кадрами (определяет оптимальную структуру и состав рабочих групп);
- управление документацией предприятия;
- сравнительную оценку бизнес-процессов.

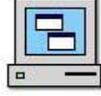
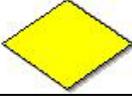
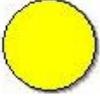
Функциональное моделирование. Для создания модели бизнес-процессов необходимо выбрать в горизонтальном меню Model / New. В открывшемся окне «Create new model» следует указать тип «Business process model», название, номер версии и обязательно группу (model group). В результате этих действий на экране появится модуль создания и редактирования диаграмм деятельности.

В правой части экрана расположена панель инструментов, содержащая возможные элементы для данного типа модели. Выбор компонентов может быть расширен при указании View/Mode/All modeling objects. Элементы разделяются на два типа: блоки и соединители (табл. 5.1).

Построение модели должно соответствовать системным (обязательным) и рекомендуемым правилам. К первой группе требований относятся следующие:

- модель бизнес-процессов обязательно должна содержать элементы начала и конца процесса;
- процесс, представленный на диаграмме, не должен быть цикличным;
- модель не должна содержать изолированных вершин, любой функциональный элемент должен быть связан с предыдущим и последующим блоком (процессом);
- если процесс содержит параллельно выполняемые действия, то для визуализации этих участков на диаграммах в Adonis должны быть использованы элементы разветвления и объединения процессов;
- если на модели имеются блоки-подпроцессы, то перед выполнением анализа необходимо в соответствующем поле notebook указать связанную с ним подпрограмму, иначе система прервет выполнение расчетов и укажет на ошибку;

Таблица 5.1. Элементы построения диаграммы бизнес-процессов Adonis

Основные элементы		Дополнительные элементы	
	начало процесса		переменная
	подпроцесс/ под-программа		генератор вероятностей
	процесс, действие, операция		ресурс
	элемент условного перехода, ЕСЛИ	Соединители	
	разветвление процессов		связь предыдущего элемента с последующим
	объединение процессов		связь от генератора вероятности к переменной
	конец процесса		связь от генератора вероятности к условному переходу
	комментарий		связь от элемента к комментарию
	группа		связь от элемента к ресурсу

- в случае процесса с параллельными участками (операциями) при задании переменных они должны быть объявлены как глобальные (в notebook/variable score/global);
- для выполнения расчетов следует задать все необходимые для этого параметры и указать все сопутствующие модели;
- каждый блок на диаграмме должен иметь уникальное имя, так как все события отличаются местом, временем исполнения или исполнителями;
- при построении модели необходимо указывать операции, связанные с получением и сдачей заданий, документов и пр.

Необходимо отметить, что на практике функции на моделях зачастую изображаются без указания управляющих элементов (выдача распоряжение или заданий на выполнение работ). Таким образом, теряются этапы типа комплектования и перемещения, которые в свою очередь зависят от элементов, связанных с планированием и составлением графиков выполнения работ. Учет управляющих компонентов может значительно изменить функциональную модель. Отсутствие указанных операций на диаграмме существенно снижает ценность функционального анализа и может привести к серьезным ошибкам при оценке его результатов.

К рекомендуемым правилам относятся следующие:

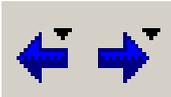
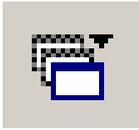
- диаграмма должна быть наглядной и легко читаемой;
- при разработке модели необходимо ее детализировать в той степени, какая требуется для описания поставленной задачи, но не более;
- не следует перегружать диаграмму, рекомендуется использовать минимальное количество блоков (без нарушения смыслового наполнения модели); все участки, составляющие законченную часть процесса, необходимо представлять в виде подпрограмм, однако они должны являться логически законченными моделями, понятными сами по себе, а не только в контексте предыдущих разработок;
- при необходимости следует элементы модели сопровождать комментариями.

Помимо графической формы отображения модели, существует еще и табличная форма. Она представляет собой перечень всех блоков и соединителей с указанием количества этих элементов на диаграмме. Кроме того, при указании на панели инструментов конкретного компонента, на экране отображается таблица, содержащая список всех элементов данного вида для этой диаграммы с перечислением всех параметров.

Переключение между режимами визуализации осуществляется с помощью специальных клавиш на панели быстрого доступа: «Graphic», «Table». Для редактирования полей таблицы необходимо двойным щелчком мыши выделить соответствующую ячейку и в открывшемся окне указать значение.

Навигация между моделями в Adonis. Переключение между моделями в Adonis осуществляется через горизонтальное меню / Windows, по клавишам-стрелкам, по ссылкам на прикрепленные модели. Средства навигации Adonis представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Средства навигации системы Adonis

Изображение клавиши	Комментарии
 <p data-bbox="225 394 555 510">«Previous model window» и «Next model window»</p>	<p data-bbox="608 365 1358 443">Клавиши переключения между соседними моделями (в последовательности их открытия)</p>
 <p data-bbox="217 701 563 779">«List of all model windows»</p>	<p data-bbox="608 528 1369 779">Окно-список всех открытых моделей, сгруппированных по типам элементов (использование этой функции позволяет не только активизировать необходимую диаграмму, но и по необходимости сохранять, закрывать и отправлять на печать используемые модели)</p>
 <p data-bbox="320 981 459 1014">«Follow»</p>	<p data-bbox="608 835 1390 992">Клавиша-стрелка позволяет вывести на экран диаграмму, ссылка на которую указана в данном поле, например, модель рабочей среды (Responsible role)</p>

Комментарии и система автоматической проверки в Adonis. Система Adonis позволяет создавать комментарии при разработке моделей. Для этого на панели инструментов имеется специальный компонент (см. табл. 5.1). Кроме того, в notebook (записной книжке элемента) имеется поле «Description» для блоков и «Comment» для связей. Использование комментариев повышает читаемость моделей, тем более что конечными пользователями библиотеки диаграмм будут инженеры предприятий, не имеющие отношения к непосредственному созданию графиков процессов.

В Adonis имеются встроенные механизмы контроля, так, например, при закрытии модели система выполняет анализ диаграммы на непротиворечивость, отсутствие распространенных ошибок, в том числе замкнутых циклов. Помимо этого при проведении расчетов в Adonis предварительно проводится проверка модели на полноту представления и параметризации процессов.

Структура «notebook» Adonis. Структура «записной книжки» элементов модели бизнес-процессов (notebook) Adonis представляет собой несколько закладок различного функционального назначения:

- Description – описание элемента;

-
- Input/output – входная и выходная документация (данные параметры позволяют для каждого функционального элемента назначать документы проекта; например, для разработки технологического процесса входными данными будет чертеж детали, а выходными комплект технологической документации);
 - Time/cost – параметры времени и стоимости деятельности;
 - Working environment – описание рабочей среды;
 - Other simulation data – дополнительные параметры имитационного моделирования (например, синхронный и асинхронный процесс);
 - Simulation result – результаты имитационного моделирования (все параметры доступны только для просмотра).

Подпроцессы в Adonis. При построении моделей информационных систем требуется создавать подпроцессы. В Adonis подпроцесс можно задать с помощью специального компонента «subprocess», либо с помощью конвертации функционального элемента (контекстное меню операции/convert/subprocess). В записной книжке подпроцесса необходимо указать модель подпроцесса – бизнес-процесс, созданный в проекте заранее. Если это поле будет не заполнено, то при выполнении любого вида анализа система выдаст ошибку. Модель бизнес-процесса оформляется всегда по одним и тем же правилам независимо от того, будет это процесс или подпроцесс.

Указание моделей документов и рабочей среды. Помимо моделей подпроцессов при задании атрибутов элементов диаграммы при необходимости требуется указать модели рабочей среды и документов. В notebook операции, для которой требуется указать исполнителей, в поле «Responsible role» (на закладке «Description») добавляется ссылка на конкретную модель рабочей среды проекта и на роль исполнителя. Кроме этого для выполнения расчетов, связанных с анализом рабочей среды, на закладке «Working environment» необходимо выбрать исполнителя и механизм его назначения.

В записной книжке операций можно указать временные и стоимостные характеристики выполнения заданий, метод назначения и смены исполнителей (закладка «Working environment»), супервизора / контролера всего процесса в целом, вид задания (коллективное или индивидуальное) и некоторые другие параметры процесса.

Визуализация характеристик элементов диаграммы. Для удобства пользователя в Adonis назначение многих характеристик визуализируется на диаграмме. Например, при указании атрибута «Display responsible role» отображение функционального элемента («Activity») изменяется, кроме

этого добавляется ссылка на модель рабочей среды. Другой пример: при описании переменной внешний вид значка «Variable» меняется в зависимости от значения параметра глобальная/локальная. Удобно также то, что отображения процесса и подпроцесса на моделях Adonis визуально отличаются.

Помимо интуитивно понятного управления системой, Adonis предлагает большое число подсказок. В первую очередь речь идет о комментариях/подсказках, сопровождающих выбор каждого параметра. Кроме этого система анализирует действия пользователя на корректность, при выявлении ошибок предлагает разработчику допустимые варианты исполнения (например, замены), выдает сообщение, где поясняет причину возникновения конфликтной ситуации.

Сохранение моделей в Adonis. Сохранение моделей в Adonis происходит с помощью: горизонтальное меню / Model / Save (Save as или Save all). Если необходимо сохранить диаграмму как рисунок используется специальная клавиша «Generate graphics» на панели быстрого доступа. При ее активации появится окно генерации графических файлов, где пользователь может указать тип файла и место его расположения.

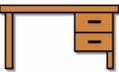
Если необходимо сохранить диаграмму как внешний (относительно проекта в Adonis) файл необходимо воспользоваться механизмом экспорта/импорта. Для этого следует перейти в режим «Export/Import» и указать направление передачи данных: ADL Import – импорт файлов с расширением ADL в систему, ADL Export – экспорт моделей из Adonis и сохранение их в файле с расширением ADL.

Описанные механизмы сохранения диаграмм относятся не только к функциональному моделированию, но и к моделям рабочей среды и документов.

Создание моделей рабочей среды. Разработку модели рабочей среды необходимо начать с выбора опции model/new/working environment model. После этого система создаст новый лист/диаграмму и активизирует соответствующую панель инструментов. Все возможные элементы рабочей среды сведены в табл. 5.3.

Таблица.5.3. Элементы моделирования рабочей среды Adonis

Основные элементы	Соединители
-------------------	-------------

	отдел, организационный модуль, департамент		иерархическая связь, связь между отделами
	исполнитель, служащий		связь от отдела к ресурсу
	роль (специализация, должность)		связь принадлежности, от служащего к отделу
	комментарий		связь принадлежности, от начальника/менеджера к отделу (позволяет выделить руководителей среди прочих служащих)
	группа		связь от элемента «performer» к «role», позволяет определить специализацию каждого исполнителя
Дополнительные элементы			связь между служащими и необходимыми для их работы ресурсами
	бюджетный центр		связь между служащим и бюджетным центром
	ресурс		связь между руководителем/менеджером и бюджетным центром
			связь от элемента к комментарию

Модель рабочей среды может состоять из нескольких независимых частей, отображающих работу различных отделов компании. На диаграмме обязательно должны быть указаны департамент, служащие и роли (специализация сотрудников). Для выполнения расчетов важно указать последние два элемента. В качестве «performer» (исполнителя) можно указать должность работника или конкретную личность.

При разработке модели рабочей среды также рекомендуется не перегружать каждую отдельно взятую диаграмму информацией. Для этого в

Adonis имеет механизм вложенных процессов/моделей. Общая организационная структура разбивается на несколько диаграмм, связанных между собой по ссылкам, задаваемым в поле «model reference» notebook элемента «organization unit» (отдел, департамент).

Данный вид моделей необходим для проведения всех расчетов, связанных с анализом рабочей среды, персональной нагрузки сотрудников, состава и численности персонала. Предоставляемые Adonis средства позволяют легко и наглядно получить описание рабочих групп и коллективов. Система позволяет не только задавать стоимостные характеристики процесса, но и учитывать рабочий график, календарный план, успеваемость каждого отдельного исполнителя, а также анализировать работу предприятия с учетом персональных нагрузок. Adonis позволяет реалистично отразить функционирование компании, а именно то, что наиболее квалифицированные, инициативные сотрудники оказываются более загружены заданиями, заказами, рабочими обязанностями, чем прочие. Это позволяет при проведении расчетов получить более достоверные результаты.

Таким образом, на основании полученных данных становится возможным проводить планирование не только структуры подразделений, но и определять достаточное число сотрудников для реализации того или иного вида деятельности.

Структура «записной книжки» элементов модели рабочей среды содержит следующие закладки:

- Description – описание элемента;
- Simulation data – параметры, необходимые для проведения имитационного моделирования процессов;
- Simulation results - результаты имитационного моделирования (все параметры доступны только для просмотра);
- Beschreibung – то же, что и Description;
- Data for analysis – данные, необходимые для проведения расчетов.

Пример модели рабочей среды приведен на рис. 5.3.

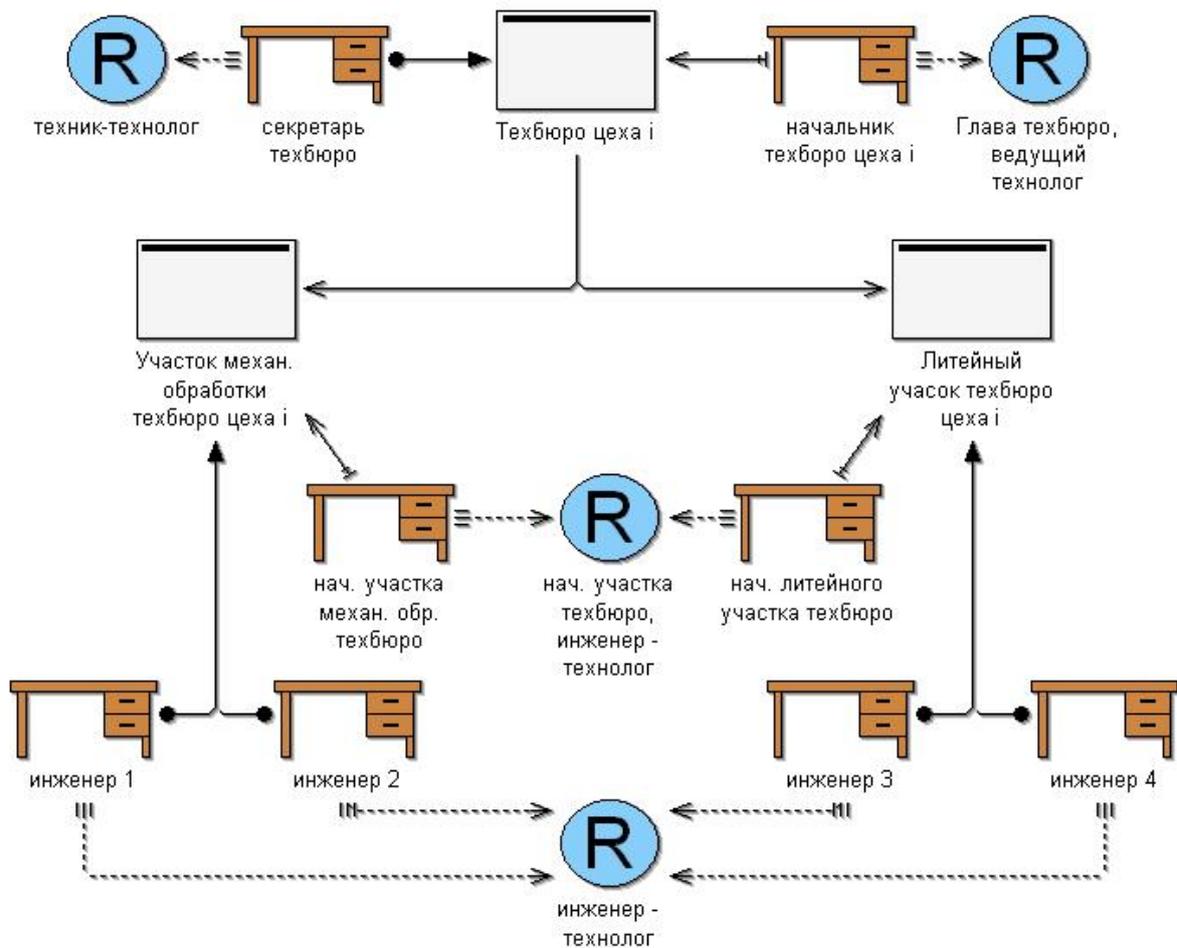


Рис. 5.3. Организационная структура технологического бюро в Adonis

Создание моделей документов. В Adonis управление документами осуществляется с помощью модели документов («Document model»). Табл. 5.4 содержит описание всех элементов данного типа диаграмм.

Данный вид диаграмм представляет собой перечень документов (библиотеку процесса). Данная модель должна содержать все документы, входящие в проект. Они могут быть логически связаны между собой, то есть Adonis позволяет структурировать документацию. У каждого документа имеется электронный источник – файл, хранящий необходимую информацию. Путь к этому файлу указывается в поле «program argument» notebook элемента с помощью стандартного для Windows механизма поиска.

Модели документов в Adonis также можно представить в виде нескольких вложенных диаграмм. При этом каждая последующая модель будет декомпозицией элемента предыдущей (например, документ «технологический процесс» из диаграммы верхнего уровня в следующей модели можно представить более детально, как набор из «маршрутно-технологической карты», «карт операций», «карт наладки оборудования» и

др.). Структурное разделение одной сложной диаграммы на несколько более простых позволяет улучшить читаемость модели, повысить наглядность, сосредоточить внимание пользователя только на необходимой для него информации. Помимо этого документы на модели могут быть объединены в группу, что позволяет для хранения информации использовать не только логические, но еще и ассоциативные связи.

Таблица 5.4. Элементы информационного моделирования Adonis

Основные элементы		Соединители	
	документ		связь между документами (вложенные документы)
	комментарий		связь от элемента к комментарию
	группа		

Структура «записной книжки» элементов Document model содержит только описательные характеристики (закладка «Description»). Помимо имени документа (Name) и описания (Description), характеристиками документа являются:

- Executable - тип файла (Word, Excel, PowerPoint);
- Program argument – местоположение файла, механизм поиска созданного ранее файла; можно указать любой документ, к которому имеется доступ;
- Responsible role – дает возможность указать роль (должность) сотрудника, ответственного за данный документ (его создание, распространение, корректировку и пр.);
- Reference document model – ссылка на присоединенную модель документов, позволяет детально описать каждый документ проекта.

Пример модели документов приведен на рис. 5.4.

Имитационное моделирование. Имитационное моделирование с помощью Adonis позволяет провести анализ эффективности тех или иных бизнес-процессов компании. Система Adonis содержит четыре алгоритма имитационного моделирования:

Технологическая документация



Рис. 5.4. Информационная модель работы технологического бюро в Adonis

- Path analysis – определение оптимального пути выполнения задания в моделях бизнес-процессов;
- Capacity Analysis – определение оптимального состава и структуры отделов за счет оценки времени загрузки каждого отдельного исполнителя;
- Workload Analysis (steady state) – определение (динамическое) рабочей загрузки процесса (во время анализа процесс выполняется predetermined number of times independently of the calculation period);
- Workload Analysis (fixed time period) - определение (динамическое) рабочей загрузки процесса (процесс моделируется в течение predetermined period of time independent of the number of times it will be performed).

Path analysis. Данный алгоритм позволяет определить оптимальную последовательность выполнения операций по следующим критериям: «probability» (вероятность пути), «execution time» (время выполнения задания), «waiting time» (время ожидания задачи в очереди на исполнение), «transport time» (время транспортировки), «resting time» (время ожидания транспортировки), «cycle time» (общее время процесса), «cost» (стоимость процесса). Соответственно для выполнения данного вида анализа данные параметры для всех элементов диаграммы должны быть предварительно заданы.

В отчете «Path analysis» (помимо указания оптимального пути процесса) приводятся значения приведенных выше параметров (для всего процесса в целом). Входными данными для этого метода моделирования являются число запусков исполнения процесса («Number of simulation»), число рабочих дней в году, продолжительность рабочей смены.

Capacity Analysis. Данный алгоритм используется для управления персоналом, в том числе для определения оптимальной структуры рабочих групп, отделов. В результате моделирования возможно получить данные о затратах времени и финансов для каждого сотрудника.

Получаемые данные при Capacity Analysis оказываются более полными, чем при определении оптимального пути выполнения процесса (Path analysis). Во-первых, все расчеты выполняются не только для процесса в целом, но и для элементов модели бизнес-процессов, и для конкретных исполнителей. Во-вторых, параметры времени и стоимости исполнения процесса указываются для каждой операции и каждого служащего отдельно. В-третьих, дополнительно производится расчет затрат на выплату заработной платы сотрудникам и приводятся значения персональных ставок.

При расчете используются следующие данные (окно задания режимов моделирования): число запусков исполнения процесса, точность вычисления «steady state calculation» (с ее увеличением повышается точность расчетов и время симуляции), дата запуска процесса «simulation start». Возможно установить следующие режимы моделирования: «activity analysis» (дополнительный расчет рабочей загрузки), «computation» (если признак не активирован, то выполнение действий в модели рабочей среды визуализируется в течение анализа, но при этом система не генерирует таблицы с результатами расчетов), «protocol» (позволяет создать протокол моделирования в отдельном файле).

Содержание таблицы результатов можно настраивать. При указании «Process related (per year, month or process)» структура представления данных будет выглядеть следующим образом:

- модели бизнес-процессов;
- операции;
- исполнители.

При выборе «Person related (per year, month or process)» структура данных будет ориентироваться на исполнителей:

- исполнители;
- модели бизнес-процессов;
- операции, выполняемые данным исполнителем.

Третий режим «Working environment related (per year, month or process)» позволяет систематизировать информацию относительно элементов модели рабочей среды:

- отделы или роли;
- модели бизнес-процессов;
- операции, выполняемые данным исполнителем;
- исполнители.

Результаты имитационного моделирования могут быть представлены в табличной и графической форме. определение затрат компании

Workload Analysis. Данный алгоритм предназначен для динамического расчета параметров времени и стоимости процесса. Признак «динамический» означает, что имитационное моделирование будет производиться в течение некоторого промежутка времени (неоднократно). Так как Workload Analysis производится для анализа процесса, в результирующей таблице данных добавляется строка «total», содержащая сумму значений для каждого атрибута.

В первом случае «*Workload Analysis (steady state)*» число запусков исполнения процесса фиксируется пользователем. То есть если в поле «Number of simulation» (число запусков) стоит значение 1000, то во время моделирования указанный процесс будет инициирован 1000 раз. Каждый раз при имитации процесса значения атрибутов будут рассчитываться. Не обязательно, что эти значения будут совпадать для различных запусков этого процесса. На основании всех полученных данных (последовательность из 1000 исполнений) выводятся средние значения параметров. Далее пользователю предлагается выбрать структуру представления данных таблицы (описана выше, см. «Capacity Analysis»), после чего она генерируется.

Принципиальное отличие Workload Analysis заключается в том, что процесс в этом случае моделируется в течение некоторого промежутка времени. При каждом запуске процесса он будет выполняться по-разному, то есть случайным образом будет инициироваться один из вариантов пути реализации процесса (см. «Path analysis»), а значит, будут отличаться и данные, получаемые при расчетах. Динамическое моделирование процесса позволяет приблизить экспертную оценку к реальным данным функционирования компании.

Используя Workload Analysis можно получить средние и суммарные данные о затратах времени и денежных средств на процесс, в том числе общие затраты на выполнение бизнес-процессов за плановый период, за месяц и за год. Например, система производит расчет суммы затрат на оп-

лату работы сотрудников для каждой операции в течение всего расчетного времени (за месяц, за год и др.), результат записывается в столбец «Personal cost (sum)» таблицы.

Для модуля «Workload Analysis» наглядно выполнена визуализация процесса перемещения заданий между исполнителями на модели рабочей среды. Каждое задание отображается в виде бумажного документа, появляющегося на столе сотрудника. Количество этих документов (визуально высота стопки листов) меняется в течение моделирования, наглядно демонстрируется загрузка каждого исполнителя. Например, если в отделе имеется больше сотрудников, чем требуется для выполнения поставленной задачи, то при визуализации процесса «Workload Analysis» это будет наглядно отражено (малое количество документов на столах исполнителей). Численное подтверждение этому будет представлено в результирующей таблице, в колонке «Workload». Для процесса проверки на технологичность распределение рабочей нагрузки для инженеров технологического бюро, представлено на рис. 5.5.

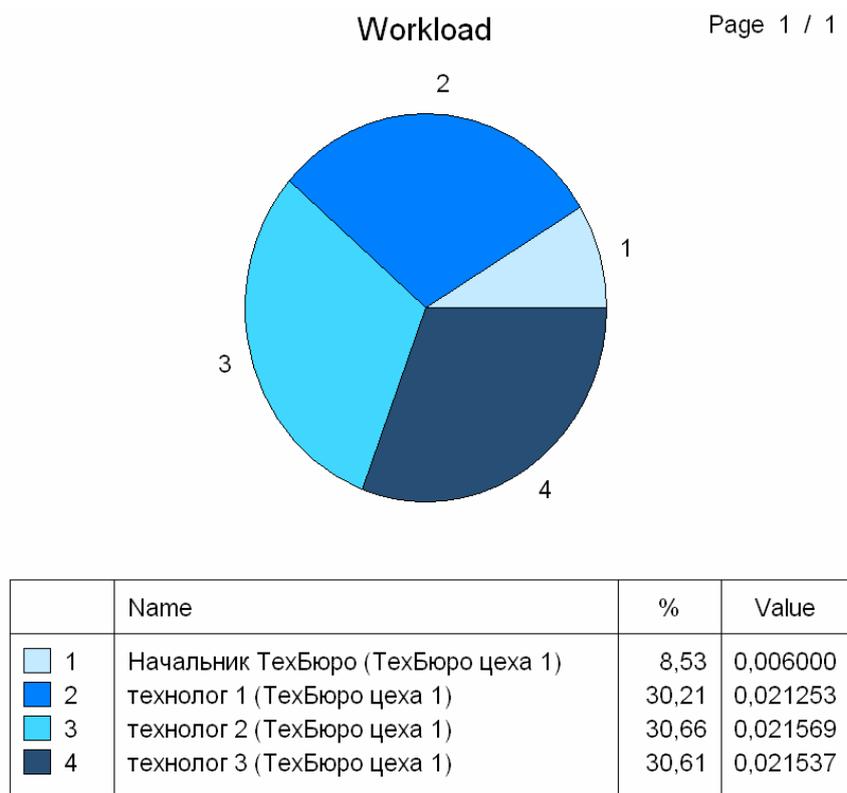


Рис. 5.5. Workload Analysis – расчет рабочей загрузки исполнителей процесса

При «Workload Analysis (fixed time period)» зафиксированным оказывается период времени моделирования процесса. При указании входных параметров в данном случае необходимо выбрать дату начала и заверше-

ния процесса симуляции. При этом имитация процесса будет выполняться до тех пор, пока не завершится плановый промежуток времени. Система на основании собранных данных также произведет расчет средних значений параметров. Для одного и того же процесса значения атрибутов, указанные в таблице будут отличаться для «Workload Analysis (steady state)» и «Workload Analysis (fixed time period)». Это связано в первую очередь с тем, что моделирование для них будет выполнено различное число раз. Еще одной причиной является то, что «Workload Analysis (fixed time period)» привязывается к конкретным датам, то есть при расчетах учитывается количество рабочих, выходных и сокращенных дней за расчетный период. То есть этот вид моделирования является расширением предыдущего анализа за счет учета частоты возникновения процесса и реальной доступности исполнителей (календарное планирование).

6. Информационные системы поддержки новых бизнес-процессов

В разделе 1 отмечено, что в сфере проектирования новых изделий в качестве ИСП выступают конструкторские системы автоматизированного проектирования (САПР-К), а в сфере ТПП – автоматизированные системы ТПП (АСТПП). При этом САПР-К обычно охватывает этапы начиная от технических требований и заканчивая выпуском конструкторской документации. Поскольку архитектура и состав функций таких САПР-К существенно зависят от вида проектируемого изделия (например, проектирование электронного микроскопа во многом принципиально отличается от проектирования мобильного телефона), здесь и в последующих разделах мы будем рассматривать методологию построения АСТПП как более инвариантной, в сравнении с САПР-К, системы.

Выделим наиболее существенные (глобальные) факторы, влияющие на методологию построения АСТПП. Первым из таких факторов является используемая методология построения сложных информационных систем. Вторым фактором является совокупность характеристик рассматриваемой (автоматизируемой) предметной области, т. е. совокупность тех характеристик современного производства, которые существенно влияют на методы автоматизации. И наконец, так как АСТПП является программной системой, третьим глобальным фактором можно считать совокупность используемых инструментальных средств (рис. 6.1).

В самом деле, любая информационная система по определению существенно зависит от характеристик того объекта, для автоматизации которого она предназначена. Что касается инструментальных средств, то этот фактор приобретает существенное влияние в силу большой развитости и разнообразия таких средств применительно к предметной области подготовки производства. Речь идет о системах классов PDM/CAD/CAE/CAM, являющихся, как было отмечено в п. 1, базовыми инструментальными средствами построения АСТПП. Важно подчеркнуть, что эти средства одновременно являются элементами PLM-решений, реализующих стратегию информационной поддержки этапов ЖЦИ.

Таким образом, проектируемая АСТПП является функцией трех глобальных факторов:

$$A = F(Q, M, S),$$

где: A – АСТПП; $Q = (q_1, q_2, \dots, q_K)$ – вектор характеристик предметной области; $M = (m_1, m_2, \dots, m_L)$ – вектор характеристик выбранной методологии построения информационных систем; $S = (s_1, s_2, \dots, s_N)$ – вектор характеристик используемых инструментальных средств.

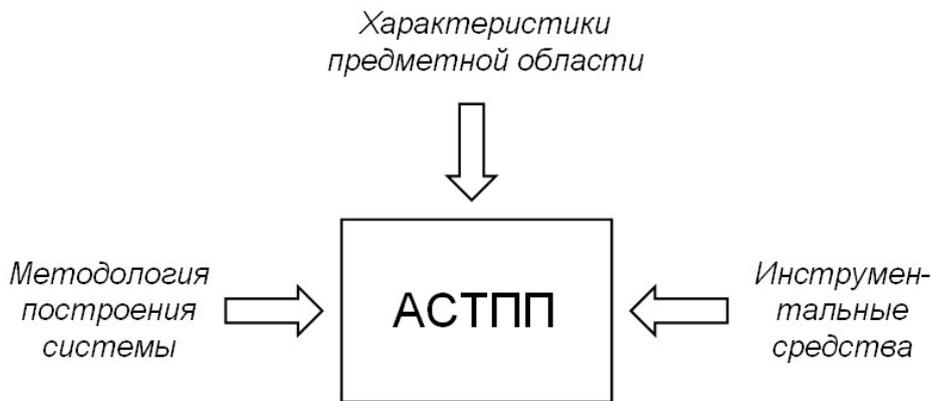


Рис. 6.1. Глобальные факторы, учитываемые при создании АСТПП

Конкретизируем векторы характеристик указанных глобальных факторов, существенных для построения АСТПП. Для предметной области промышленного производства к таким существенным характеристикам (локальным факторам, или далее просто факторам) предметной области относятся следующие.

1. Фактор q_1 – быстрая сменяемость изделий и участие заказчика в формировании технических требований.
2. Фактор q_2 – проектирование и подготовка производства новых изделий в среде расширенного или виртуального предприятия.
3. Фактор q_3 – возможность быстрой передачи процессов ТПП и процессов изготовления изделий с одного предприятия на другое.
4. Фактор q_4 – быстрая сменяемость инженерно-технического персонала в сфере проектирования и подготовки производства.
5. Фактор q_5 – системная специализация предприятий при выпуске новых изделий (предприятие стремится продавать определенную систему – например, пилотажно-навигационный комплекс – целиком, независимо от того, как она будет распределена на конечном изделии).
6. Фактор q_6 – возможность удаленного доступа предприятий-субподрядчиков к вычислительным ресурсам головного предприятия (осуществляющего OEM-деятельность).

-
7. Фактор q_7 – возможность удаленного доступа заказчика к информационным ресурсам реализуемого проекта при условии защиты конфиденциальной организационной и технической информации.

Важно отметить, что данные факторы не представляют собой некоторую исходную данность – в этом случае проблема автоматизации ТПП была бы уже решена. Они 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. Именно в этом смысле указанные факторы должны учитываться при построении АСТПП.

В качестве общей методологии построения АСТПП как сложной информационной системы будем использовать методологию RUP (Rational Unified Process). Эта методология, разработанная компанией Rational Software Corp., представляет собой методику, которая поддерживает итеративный процесс создания сложной информационной системы на основе объектно-ориентированного подхода, с использованием диаграмм UML для визуального моделирования предметной области. Использование объектно-ориентированного подхода обеспечивает методологии RUP и графическому языку UML ряд преимуществ по сравнению с другими методологиями, например, по сравнению с достаточно распространенной методологией SADT и диаграммами IDEF. С учетом этого, в качестве факторов методологии построения АСТПП как сложной информационной системы можно отметить следующие.

1. Фактор m_1 – представление статической модели предметной области ТПП в виде системы классов и подклассов объектов данной области.
2. Фактор m_2 – визуальное моделирование бизнес-процессов ТПП в принятой в RUP нотации (функциональные диаграммы UML).
3. Фактор m_3 – итеративный характер построения АСТПП в соответствии с принципами объектно-ориентированного подхода.

Используемые при построении АСТПП инструментальные средства определяются, как отмечено выше, применяемыми PLM-решениями, которые в свою очередь являются программными средствами поддержки стратегии PLM. Эти PLM-решения представляют собой комплекс высоко развитых, информационно совместимых (интегрированных) CAD/CAM/CAE/PDM-систем.

Анализ возможностей существующих PLM-решений (независимо от их конкретного варианта) позволяет выявить следующий ряд факторов, оказывающих существенное влияние на архитектуру создаваемой АСТПП.

1. Фактор s_1 – организация единого информационного пространства (ЕИП) средствами PDM-системы с целью обеспечения эффективной совмест-

ной согласованной работы конструкторов, технологов и других специалистов ТПП.

2. Фактор s_2 – центральная роль 3D-модели создаваемого изделия. Данная модель разрабатывается в САД-системе и является источником геометрической информации для всех основных задач ТПП, таких как проектирование нестандартного оборудования, оснастки, технологических процессов, управляющих программ для станков с ЧПУ и др.
3. Фактор s_3 – возможность виртуального моделирования технологических процессов (средствами САМ- и САЕ-систем) с целью их контроля, а также с целью сокращения стоимости и сроков проектирования сложной формообразующей оснастки.
4. Фактор s_4 – возможность формализации и последующего использования корпоративных знаний с целью улучшения качества и сокращения сроков проектирования, а также с целью уменьшения зависимости служб ТПП от небольшого числа высоко квалифицированных кадров.
5. Фактор s_5 – открытость архитектуры PLM-решений и наличие средств разработки приложений, что дает возможность выполнять адаптацию систем к условиям конкретного предприятия и реализовывать те проектные процедуры ТПП, которые не поддерживаются стандартными возможностями PLM-решений.

Переходя от факторов, существенных для построения архитектуры АСТПП, к основным принципам построения АСТПП отметим, что любой из данных принципов обуславливается совокупностью ряда факторов, принадлежащих одновременно Q , M и S . Причина этого состоит в том, что, как отмечалось выше, изменения в современном производстве одновременно являются следствием развития информационных технологий (включающих как методологии построения информационных систем, так и набор инструментальных средств класса PDM/CAD/CAE/CAM) и причиной, воздействующей на развитие этих технологий. Точно такая же взаимозависимость наблюдается между самими методами построения информационных систем и развитием указанных выше инструментальных средств (рис. 6.2). В силу этого установить строгую логическую зависимость того или иного принципа от конкретного фактора представляется затруднительным.

Проведенный анализ показывает, что в качестве основных принципов построения архитектуры АСТПП с учетом современных тенденций развития промышленного производства и новых информационных технологий можно выделить следующие.

1. Организация работы конструкторов, технологов и других специалистов в едином информационном пространстве ТПП. Единое информационное пространство (ЕИП) ТПП реализуется средствами PDM-системы

и использует в качестве платформы сеть автоматизированных рабочих мест. Оно позволяет:

- принимать и хранить проект изделия в электронном виде;
- эффективно отслеживать текущее состояние ТПП изделия;
- обеспечивать целостность, непротиворечивость и отсутствие дублирования данных;

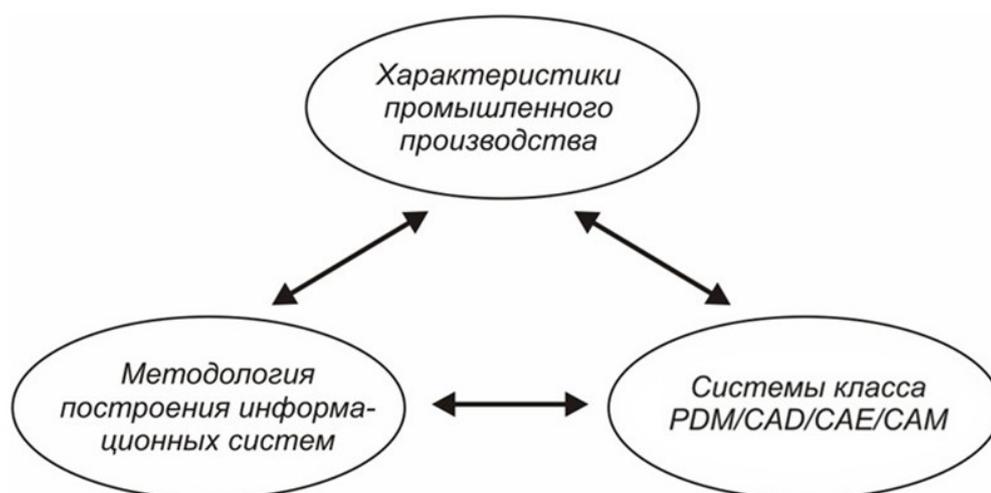


Рис. 6.2. Взаимозависимость между глобальными факторами

- организовывать быстрый авторизованный просмотр всех моделей и документов;
- обеспечивать оперативный обмен информацией между пользователями АСТПП;
- обеспечивать быстрое прохождение конструкторских и технологических изменений;
- автоматизировать процессы управления потоками производственных заданий в сфере ТПП;
- обеспечивать информационную согласованность работы всех подсистем АСТПП;
- поддерживать открытость АСТПП, удобство адаптации к меняющимся условиям производства;
- обеспечивать информационный обмен с системами, выполняющими поддержку различных этапов жизненного цикла изделия.

Единое информационное пространство ТПП содержит:

- информацию о деталях и сборочных единицах изделия;
- информацию о технологических процессах изготовления изделия;

-
- информацию о технологическом оборудовании и оснастке;
 - нормативно-справочную и планово-учетную информацию.

ЕИП представляет собой основу АСТПП, так как в его среде реализуются и целевые, и собственные функции АСТПП (целевые функции соответствуют тем задачам, для решения которых создается АСТПП, а собственные функции – задачам, которые должны решаться в АСТПП для обеспечения целевых функций).

2. *Использование объектно-ориентированной модели ТПП.* Как известно, объектно-ориентированный подход обеспечивает гибкость создаваемой системы, удобство ее модификации и развития. Это в свою очередь способствует учету таких факторов, как быстрая сменяемость изделий и возможность быстрой передачи процессов ТПП и процессов изготовления изделий с одного предприятия на другое. Кроме того, использование объектно-ориентированной модели ускоряет сам процесс создания АСТПП за счет итеративного характера процесса разработки.

3. *Ориентация на новые организационные формы ТПП.* Следует учитывать возможность подготовки производства на основе современных форм кооперации с другими предприятиями (в среде расширенного или виртуального предприятия), при использовании ими единого информационного пространства ТПП. Учет новых организационных форм ТПП позволит обеспечить эффективное взаимодействие головного предприятия с заказчиками, поставщиками и субподрядчиками и тем самым сократить сроки выпуска нового изделия.

4. *Учет центральной роли 3D модели изделия.* Трехмерная компьютерная модель изделия является источником информации для решения всех основных проектных задач ТПП, таких как проектирование нестандартного оборудования, оснастки, технологических процессов, управляющих программ для станков с ЧПУ и др. 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.

5. *Использование PLM-решений в качестве инструментальных средств.* В отличие от периода создания первых АСТПП, сегодня нет необходимости программировать всю систему “с нуля”, используя лишь такие инструментальные средства как высокоуровневые языки программирования и системы управления базами данных. PLM-решения на базе PDM/CAD/CAE/CAM-систем предоставляют мощный набор средств для организации единого информационного пространства, управления процессами ТПП, автоматизации конструкторско-технологического проектирования, инженерного анализа и моделирования технологических процессов, разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ. Использование PLM-решений во многом сводит задачу построения АСТПП к пра-

вильному выбору и конфигурированию инструментальных средств, их адаптации к условиям конкретного предприятия, настройке баз данных и баз знаний, разработке необходимых приложений, определению числа и видов автоматизированных рабочих мест, организации бизнес-процессов ТПП с использованием механизмов управления потоками производственных заданий (Workflow).

Теперь рассмотрим состав и роли участников проекта создания АСТПП, включая как задействованные в проекте подразделения и службы предприятия, так и сторонние инжиниринговые фирмы. Со стороны предприятия участие в проекте принимают две группы специалистов:

1. Специалисты, владеющие спецификой предметной области (ТПП) и являющиеся потенциальными пользователями АСТПП.
2. Специалисты, владеющие вопросами создания, поддержки и эксплуатации сложных информационных систем.

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)), в ведении которого находятся указанные выше вопросы.

К сторонним организациям (инжиниринговым фирмам), участвующим в проекте создания АСТПП, относятся:

1. Фирмы – поставщики CAD/CAM, CAE и PDM-систем (осуществляющие не только поставку, но также обучение и сопровождение).
2. Фирмы, специализирующиеся в области проведения реинжиниринга бизнес-процессов и обеспечивающие поддержку методологии реинжиниринга, включая поставку средств моделирования бизнес-процессов.
3. 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 для многокоординатного оборудования с ЧПУ и др.).

Теперь рассмотрим, каким образом ролевая структура проекта по реинжинирингу, представленная выше на рис. 1.2, отображается на состав участников проекта создания АСТПП. Лидером проекта может быть, например, главный инженер, его заместитель, главный технолог – это зависит от личных качеств, уровня полномочий, взаимоотношений с руководителем предприятия, степени подготовленности к ведению инновационных проектов. В любом случае это должен быть сотрудник предприятия, несущий

щий персональную ответственность перед руководителем за осуществление проекта. Степень реального участия лидера в управлении проектом зависит от состава и распределения ролей в руководящем комитете. В состав руководящего комитета могут входить 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.

Менеджером проекта может являться руководитель (ведущий специалист) инжинирингового центра или отдела ИТ. Однако, с учетом имеющихся на отечественных машиностроительных предприятиях кадровых проблем, уровень подготовки менеджера проекта может оказаться недостаточным для управления командой проекта. В этом случае целесообразно ввести в структуру дополнительную роль *Консультанта проекта*, привлекаемого из сторонней инжиниринговой фирмы. Этот консультант должен восполнять недостаток подготовки менеджера проекта, осуществлять методическое руководство и обучение в процессе реализации проекта.

В качестве владельцев процессов ТПП могут выступать руководители или ведущие специалисты технологических бюро, КБ оснастки, бюро ЧПУ и др. В состав команды проекта входят 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, выполняют обучение и сопровождение. Построение моделей бизнес-процессов, разработка структуры и наполнение единой базы данных, разработка приложений выполняются в команде проекта совместно сотрудниками отдела ИТ и специалистами инжиниринговых фирм.

В связи с этим представляется важной классификация деятельности инжиниринговых фирм, которая позволила бы предприятию оперативно оценить уровень предлагаемых услуг и сделать на основании данной оценки выбор в пользу той или иной фирмы. Предлагаемая схема такой классификации представлена на рис. 6.3.

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

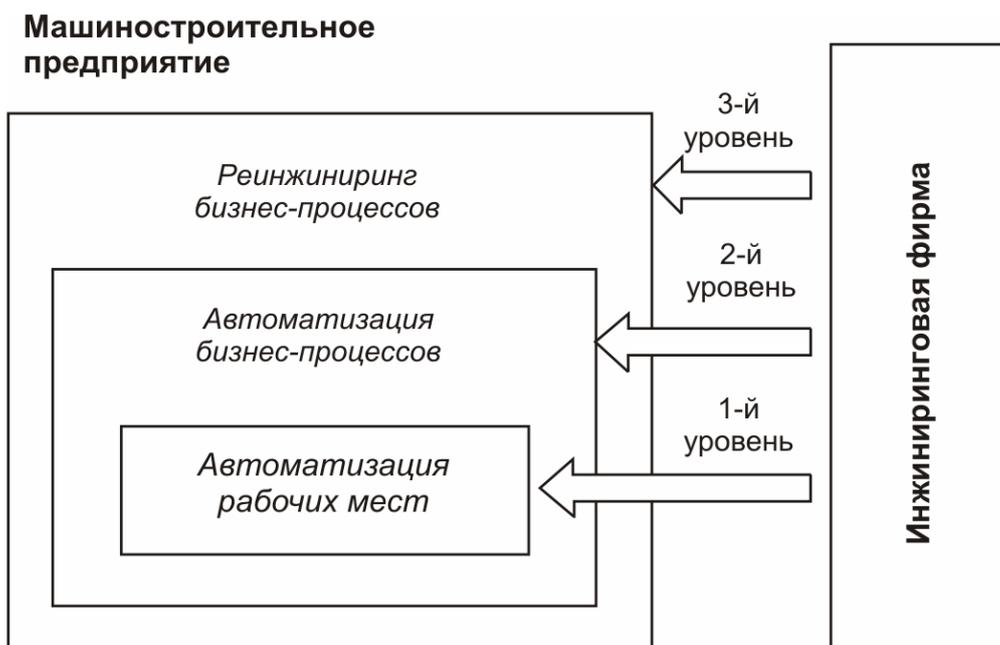


Рис. 6.3. Уровни услуг, предлагаемых инжиниринговыми фирмами

Поставка PDM-системы непосредственно связана с автоматизацией бизнес-процессов и относится к сервисным работам второго уровня. Как было показано выше, внедрение PDM-системы требует разработки структуры ЕИП ТПП, наполнения единой базы данных, разработки приложений средствами API, построения графиков Workflow. Поэтому если инжиниринговая фирма осуществляет поставку PDM-системы, то она должна владеть этим кругом вопросов в той мере, в которой это требуется предприятию-заказчику.

Важно отметить, что задача выбора конкретных CAD/CAM, CAE и PDM-систем не является частью работ, связанных с поставкой, а относится к элементам реинжиниринга бизнес-процессов ТПП. В самом деле, для того, чтобы выставить требования к указанным базовым системам, определить количество и состав рабочих мест, необходимо иметь модели новых бизнес-процессов, построение которых является задачей реинжиниринга. Для того, чтобы участвовать в решении данной задачи, инжиниринговая фирма должна не ограничиваться поставкой отдельных систем, а как минимум владеть информацией по широкому кругу конкурирующих программных продуктов. Так как инжиниринговые фирмы обычно являются поставщиками конкретных систем, то задача выбора базовых средств АСТПП в основном ложится на предприятие.

Правильный выбор базовых систем является достаточно сложной задачей. Здесь следует опираться на опыт других предприятий, на самостоятельные проработки и на различные аналитические данные. Так, в мире

существуют организации, считающиеся независимыми экспертами по проблемам CAD/CAM, CAE и PDM. К ним относятся CIMdata, Daratech, Gartner-Group, Dataquest, IDC и другие. Эти организации занимаются анализом и изучением тенденций развития CAD/CAM, CAE и PDM-систем, разработкой рекомендаций по их выбору. В регулярных отчетах публикуется рейтинг ведущих систем и рекомендуется область их наиболее эффективного применения. При этом используются различные источники данных и методы сбора информации – опросы пользователей, публикации, пресс-релизы фирм-разработчиков. Применяемый метод определения рейтинга систем основан на экспертных оценках.

Однако, несмотря на имеющуюся в распоряжении аналитическую информацию, процесс выбора конкретных базовых систем требует, как правило, проведения дополнительного комплекса работ, в котором участвуют ведущие специалисты разного профиля. Это обосновано, так как приобретение систем влечет за собой изменения и в организационных структурах и в структуре персонала и в общей культуре предприятия.

На крупных предприятиях может быть создана специальная комиссия, куда входят специалисты всех заинтересованных служб. В задачи комиссии входит разработка критериев выбора системы, оценка различных систем и поставщиков, разработка планов освоения и внедрения системы, предусматривается период опытно-промышленной эксплуатации.

Работа инжиниринговой фирмы на третьем уровне сервиса может потребовать также участия в построении моделей бизнес-процессов ТПП или в поставке средств моделирования (например, системы Rational Rose) 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.

Таким образом, успешная реализация проектов создания АСТПП на предприятиях отечественного машиностроения возможна только при выполнении следующих условий:

1. Определение Лидера проекта и создание организационной структуры управления проектом (см. рис. 1.2).
2. Привлечение сторонних инжиниринговых фирм для участия в проекте и оптимальное распределение ролей между специалистами предприятия и специалистами инжиниринговых фирм.

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 финанси-

ния, высокий квалификационный уровень участников проекта и т.п. На начальном этапе реализации проекта предприятие должно провести максимально подробный анализ своих возможностей и сформулировать в соответствии с ними цели проекта.

Как показано выше, при разработке и внедрении проектов АСТПП отечественным машиностроительным предприятиям требуется достаточно широкий спектр услуг инжиниринговых фирм. При этом предприятие заинтересовано в том, чтобы осуществлять контакт с возможно меньшим числом таких фирм, так как в этом случае облегчается управление проектом. Следовательно, при выборе предприятием соисполнителей проекта преимущества будут получать те инжиниринговые фирмы, которые предоставляют наибольший перечень услуг.

Классификация деятельности инжиниринговых фирм, приведенная на рис. 6.3, основана на делении по уровням сложности решаемых задач. Представляется полезной также другая классификация, иллюстрирующая виды поддержки проектов создания АСТПП (рис. 6.4).

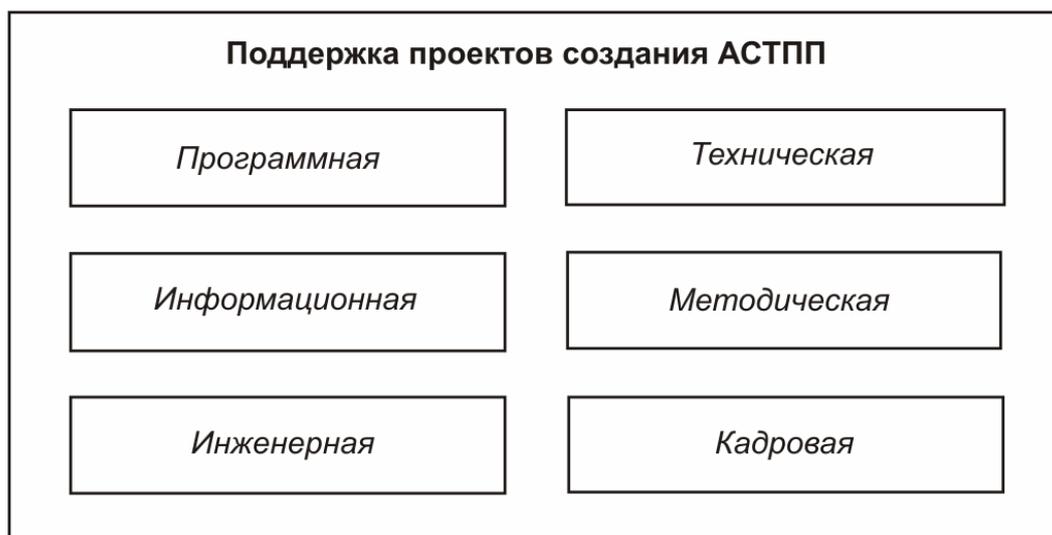


Рис. 6.4. Классификация деятельности по видам поддержки проекта

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 автоматизированных рабочих мест, средства вычислительных сетей). Эта поддерж-

ка 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.) и проведение соответствующего обучения.

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 специальностям.

В своей деятельности инжиниринговый центр должен проводить техническую политику, направленную на внедрение передовых информационных технологий, к которым, как было отмечено выше, относятся решения класса PLM. С учетом проведения реинжиниринга, внедрение PLM-решений на предприятии предполагает выполнение следующих действий:

- Проведение реинжиниринга бизнес-процессов проектирования и подготовки производства с использованием методов визуального моделирования;
- Оптимальный выбор и конфигурирование программных средств CAD/CAM/CAE для автоматизации проектных конструкторских и технологических процедур, обучение специалистов и внедрение;
- Выбор PDM-системы и создание на предприятии группы специалистов для настройки системы на условия предприятия, проведение обучения;
- Построение единого информационного пространства средствами PDM-системы для организации коллективной согласованной работы специалистов и управления бизнес-процессами;

-
- Внедрение новых методов работы специалистов в едином информационном пространстве предприятия.

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

1. Следует использовать наиболее современные, передовые решения, проверенные мировой и отечественной практикой.
2. Следует использовать по возможности минимальное число различных наименований систем, учитывая при этом необходимую функциональность и стоимость каждой системы.
3. Следует обеспечить по возможности максимально полную автоматизацию рабочих мест, исключив выполнение проектных процедур “ручным” способом, без применения компьютера.
4. Следует обеспечить необходимую информационную интеграцию всех специалистов конструкторских и технологических служб предприятия.
5. На корпоративном уровне следует использовать PLM-решения ведущих мировых разработчиков, что обеспечит максимально полную информационную интеграцию с заказчиками и субподрядчиками.

Важную роль при проведении комплексной автоматизации 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.

7. Графический язык визуального моделирования UML

История развития графического языка UML берет начало с 1994 года, когда Г. Буч и Дж. Рамбо из Rational Software Corp. начали систематизацию выполненных ранее разработок. В этом же году к ним присоединился А. Джекобсон из шведской компании Objectory AB. Их усилия привели к тому, что в 1997 году была опубликована версия 1.0 нового унифицированного языка визуального моделирования UML (Unified Modeling Language), а впоследствии – очередные версии.

Язык UML ориентирован на моделирование систем, реализующих объектно-ориентированный подход. При этом термин “унифицированный” в названии языка не является случайным и имеет два аспекта. С одной стороны, он фактически устраняет многие несущественные различия между созданными ранее языками моделирования и методиками построения диаграмм. С другой стороны, UML создает предпосылки для унификации различных моделей и этапов их разработки для широкого класса систем, не только программного обеспечения, но и бизнес-процессов. Семантика UML определена таким образом, что она не является препятствием для последующих усовершенствований при появлении новых концепций моделирования. Более того, заложенные в UML потенциальные возможности могут быть использованы не только для объектно-ориентированного моделирования, но и для представления знаний в интеллектуальных системах, которыми, по существу, станут в перспективе сложные программно-технические комплексы.

Графический язык UML включает восемь типов канонических диаграмм, описывающих бизнес-процессы или сложную информационную систему с различных точек зрения. К этим диаграммам относятся:

- Диаграмма прецедентов (use case);
- Диаграмма классов (class);
- Диаграмма состояний (statechart);
- Диаграмма деятельности (activity);
- Диаграмма последовательности (sequence);
- Диаграмма кооперации (collaboration);
- Диаграмма компонентов (component);
- Диаграмма развертывания (deployment).

Следует отметить имеющуюся в русском переводе неоднозначность названий диаграмм. Например, для диаграмм use case имеются такие переводы как диаграмма прецедентов и диаграмма вариантов использования. Далее мы будем придерживаться того перевода, который использован в приведенном выше списке.

Совокупность указанных диаграмм UML обладает тем свойством, что в ней содержится вся информация, необходимая для реализации сложной системы, или, другими словами, диаграммы UML образуют интегрированную модель разрабатываемой сложной информационной системы (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Интегрированная модель сложной системы в нотации UML

Методология последовательного построения различных видов диаграмм при моделировании сложной системы является неотъемлемой составной частью методологии RUP. Немаловажным фактором, способствующим практическому использованию методологии RUP, стала разработка инструментальных средств (например, систем Rational Rose и ARIS), позволяющих не только автоматизировать процессы построения диаграмм и их последующего документирования, но и реализовать идеи автоматического формирования программ на основании общего описания модели предметной области.

Методология RUP устанавливает такой порядок (последовательность) разработки диаграмм UML, который способствует продвижению от общего к частному. В этом смысле диаграммы должны разрабатываться в той последовательности, в которой они перечислены выше. В самом деле, диаграммы прецедентов (первые в списке) описывают систему на наиболее высоком, концептуальном уровне абстракции, тогда как диаграммы развертывания (последние в списке) определяют состав и структуры вычислительных средств, используемых для реализации информационной системы. Это, разумеется, не означает того, что на любом этапе невозможен возврат к разработанным ранее диаграммам, их уточнение и модификация. Декларируемый в RUP итеративный подход распространяется и на общий процесс моделирования с помощью диаграмм.

Рассмотрим назначение, характеристики и основные правила графического изображения диаграмм UML в порядке их указания в приведенном выше списке. При этом будем формировать примеры диаграмм для предметной области ТПП.

Диаграммы прецедентов. Этот вид диаграмм предназначен для описания функционального назначения системы. Диаграммы прецедентов являются исходным концептуальным представлением или концептуальной моделью системы и преследуют следующие цели:

- Определить общие границы и контекст моделируемой предметной области на начальных этапах проектирования системы;
- Сформулировать общие требования к функциональному поведению проектируемой системы;
- Разработать исходную концептуальную модель системы для ее последующей детализации в форме логических и физических моделей;
- Подготовить исходную документацию для взаимодействия разработчиков системы с ее заказчиками и пользователями.

Основными элементами диаграммы прецедентов являются функции или прецеденты (use case), внешние действующие субъекты или актеры (actor), отношения между актерами и прецедентами и комментарии (notes). Прецеденты, актеры и комментарии изображаются так, как показано на рис. 7.2, а отношения изображаются различными соединительными линиями (вид линии зависит от типа отношения).

Прецедент определяет действия, которые должны быть выполнены системой при взаимодействии с соответствующим актером. Актер – это некоторая внешняя по отношению к системе сущность, которая взаимодействует с системой. В качестве актера может выступать человек, техническое устройство, программа или другая система. Комментарий вносит в диаграмму необходимые пояснения и соединяется пунктирной линией с тем элементом диаграммы, для которого он предназначен.

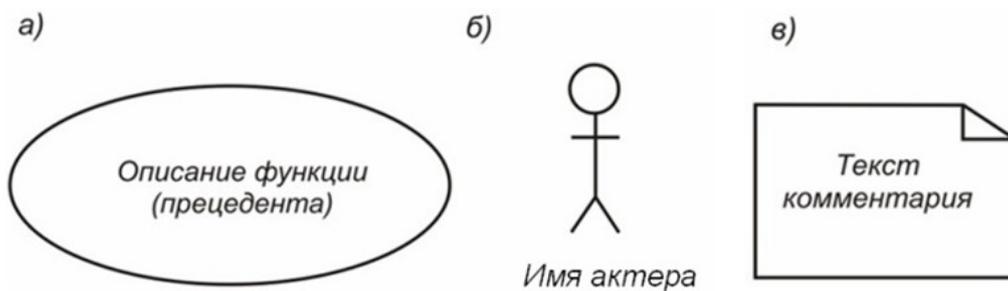


Рис. 7.2. Элементы диаграммы прецедентов: а – прецедент; б – актер; в – комментарий

На рис. 7.3 приведен пример диаграммы прецедентов, описывающей систему ТПП предприятия в наиболее общем виде (здесь предполагается, что поставщики и субподрядчики взаимодействуют непосредственно со службами ТПП, а не с внешними для ТПП плановыми или хозяйственными подразделениями предприятия).

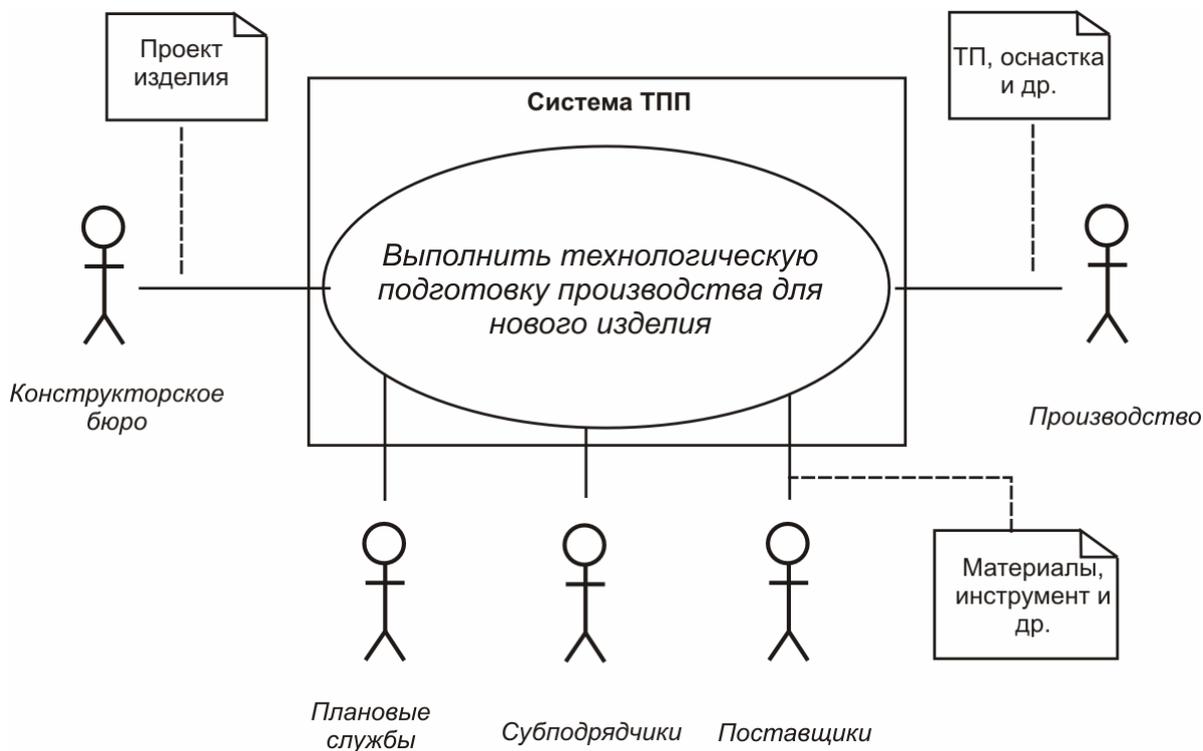


Рис. 7.3 Диаграмма прецедентов для ТПП предприятия

Каждая из сплошных линий, соединяющих на диаграмме актора и прецедент, означает отношение ассоциации. Этот тип отношения является наиболее фундаментальным и отражает некоторую информационную

и/или материальную связь между объектом и прецедентом. Линия отношения ассоциации может иметь дополнительные условные обозначения, такие как имя и кратность.

Другой тип отношений – отношение включения – иллюстрируется диаграммой на рис. 7.4. Это отношение указывает, что некоторая функция системы является частью другой, более общей функции.

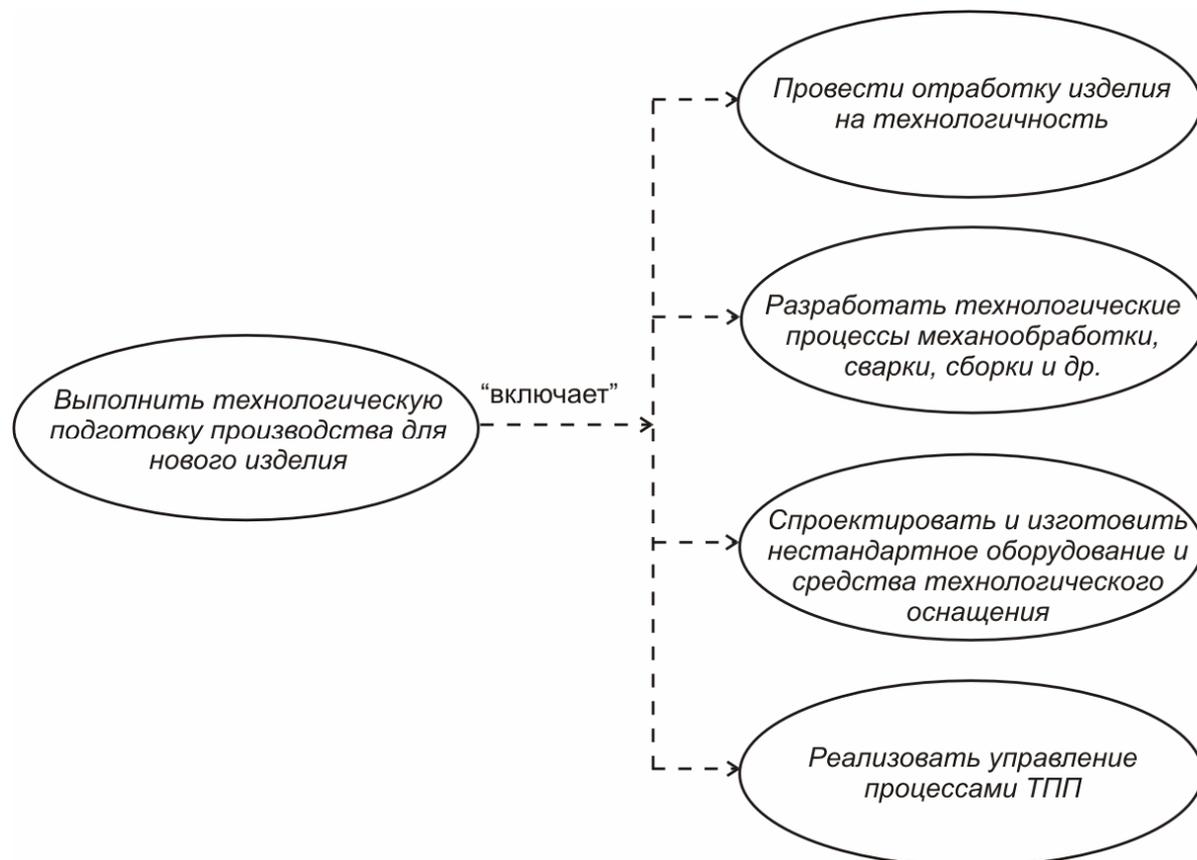


Рис. 7.4 Пример отношений включения на диаграмме прецедентов

К другим типам отношений на диаграмме прецедентов относятся отношение расширения (extend) и отношение обобщения. Отношение расширения изображается такой же пунктирной линией со стрелкой, как и отношение включения, но со словом “расширяет”. Оно применяется для связи прецедента с дополнительными прецедентами, которые имеют место только при определенных условиях. Отношение обобщения между двумя прецедентами изображается сплошной линией с треугольной стрелкой на конце и означает, что данный прецедент является частным случаем другого прецедента. Например, прецедент “Изготовить штамп” является частным случаем прецедента “Изготовить формообразующую оснастку”.

В каждой системе обычно есть главная диаграмма прецедентов, которая отображает актеров и общую функцию системы. Другие диаграммы могут детализировать различные прецеденты, показывать все прецеденты для определенного актера и др.

Следствием концептуального характера диаграмм прецедентов является то, что на них присутствуют только функции (бизнес-процессы) и внешнее окружение системы, но отсутствуют объекты предметной области, элементы временного функционирования системы и др.

Диаграммы классов. Этот вид диаграмм предназначен для построения структурированной статической модели предметной области, которая изначально строится на основе объектно-ориентированного подхода. Класс обозначает некоторое множество объектов предметной области, имеющих одинаковый набор описывающих их параметров (атрибутов), одинаковое поведение (набор реализуемых операций) и однотипные отношения с объектами других классов. На диаграмме класс изображается в виде прямоугольника, разделенного на три секции: в верхней секции записывается имя класса, в средней – перечень атрибутов, и в нижней – перечень операций. В качестве примера (рис. 7.5) приведем изображение класса “Конструкторский документ” (указана только часть атрибутов и операций).

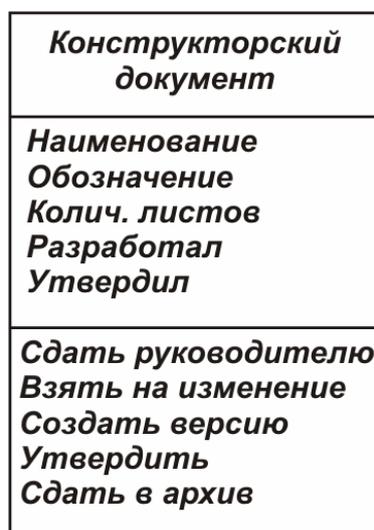


Рис. 7.5 Пример изображения класса на диаграмме классов

Классы на диаграмме связываются различными отношениями. Наиболее употребительным является отношение обобщения, которое определяет связь между более общим элементом (родителем) и более частным (дочерним или потомком). Данное отношение описывает иерархию классов и подклассов модели в виде дерева, с наследованием атрибутов и опе-

раций от родителя к потомку. На диаграмме классов отношение обобщения изображается сплошной линией с треугольной стрелкой, направленной в сторону класса-родителя (рис. 7.6). Здесь модель (имеется в виду 3D модель конструкторского объекта), чертеж и извещение являются частными случаями понятия “конструкторский документ”.

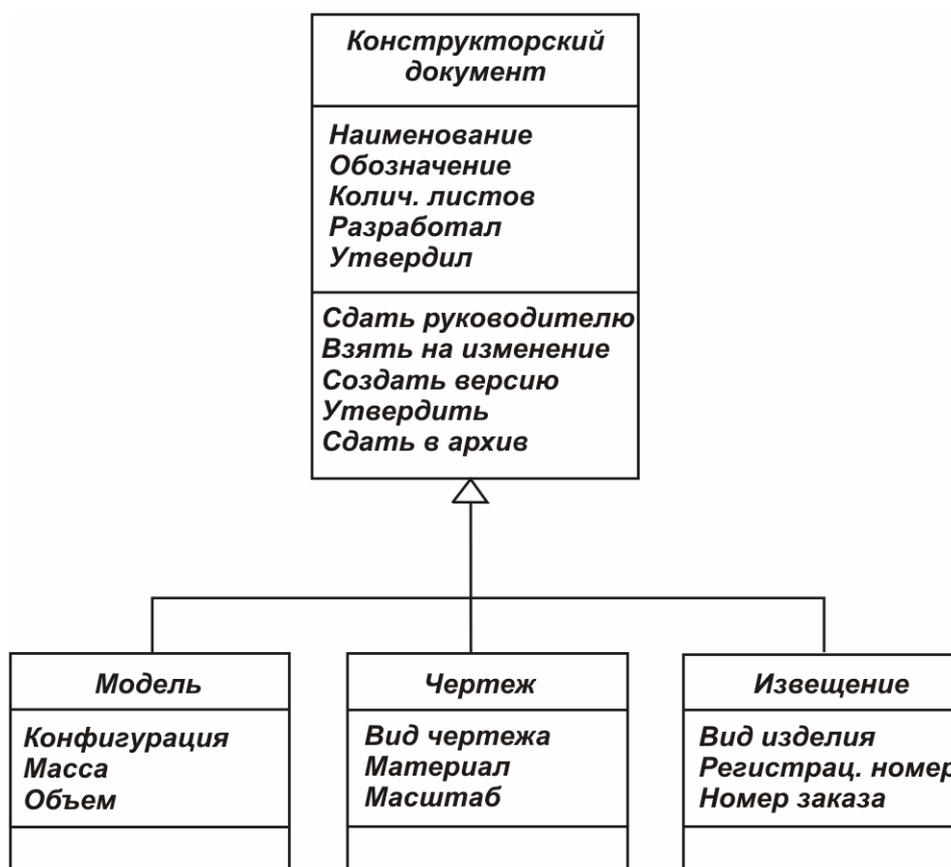


Рис. 7.6 Пример отношения обобщения на диаграмме классов (показаны не все подклассы и атрибуты)

К другим типам отношений на диаграмме классов относятся отношение ассоциации, отношение зависимости и отношение агрегации. Отношение ассоциации означает некоторую логическую связь классов и изображается сплошной линией и обозначениями, поясняющими смысл связи (рис. 7.7). Отношение зависимости иллюстрируется на рис. 7.8, где параметры фрезерования зависят от материала и режущего инструмента, а слово “derive” означает, что атрибуты класса-клиента могут быть вычислены по атрибутам класса-источника. И наконец, отношение агрегации имеет место между несколькими классами в том случае, если один из классов представляет собой некоторую сущность, включающую в себя в качестве составных частей другие сущности (рис. 7.9).

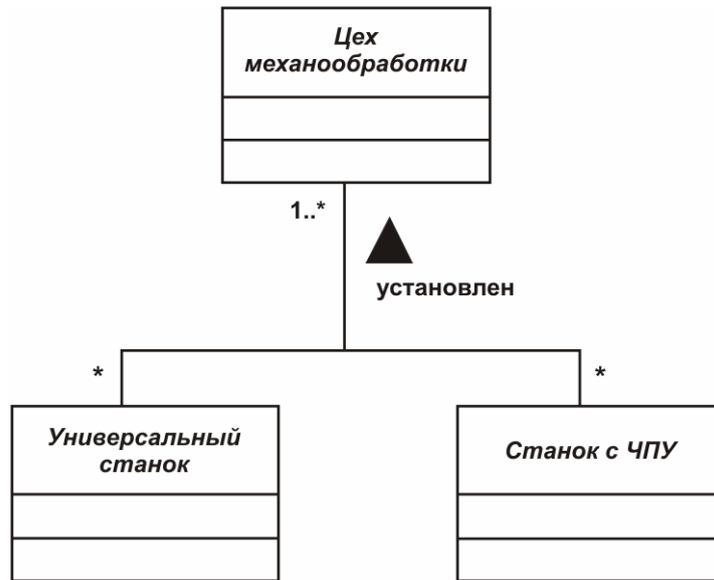


Рис. 7.7 Пример отношения ассоциации

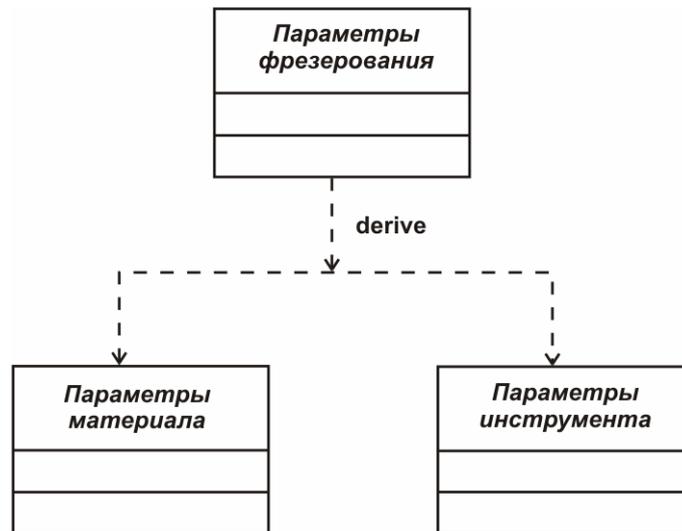


Рис. 7.8 Пример отношения зависимости

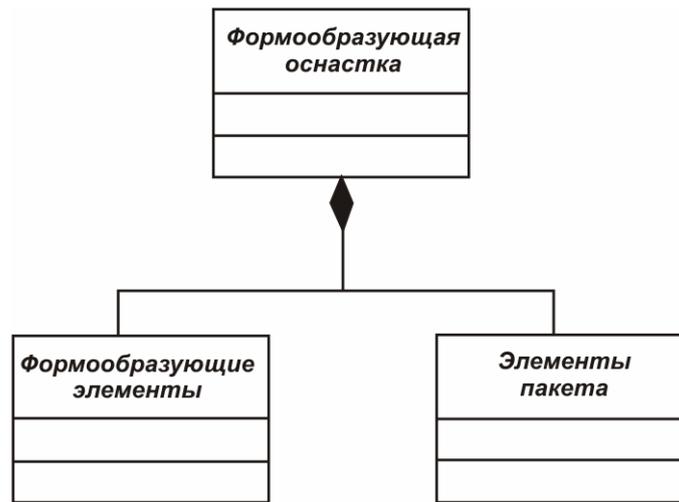


Рис. 7.9 Пример отношения агрегации

Как отмечалось выше, диаграммы классов образуют статическую модель предметной области, поэтому для отображения динамических аспектов функционирования системы используются другие виды диаграмм.

Диаграммы состояний. Этот вид диаграмм предназначен для отображения поведения системы или ее элементов на основе представления этого поведения в виде некоторого конечного автомата. Следовательно, основными элементами диаграммы состояний будут являться состояния и переходы. Состояние на диаграмме изображается прямоугольником со скругленными углами, внутри которого записывается имя состояния. Начальное и конечное состояния изображаются особым образом, в виде черных кружков (для конечного состояния кружок имеет дополнительную обводку). Переход изображается прямой линией или дугой со стрелкой, направленной в целевое состояние, а около линии (дуги) размещается текстовое описание перехода.

Практическая ценность понятия состояния заключается в том, что система может выполнять различные действия в зависимости от того, в каком состоянии находится тот или иной объект или процесс. Кроме того, переход в некоторое состояние может инициировать выполнение тех или иных проектных, организационных и других процедур.

В качестве примера диаграммы состояний приведем (рис. 7.10) диаграмму возможных состояний документа (конструкторского, технологического и др.). Отметим, что эта диаграмма реализована в известной PDM-системе SmarTeam, что позволяет эффективно организовать хранение документов в общей базе данных и управление документооборотом. Еще один пример – диаграмма состояний оснастки – приведен на рис. 7.11.

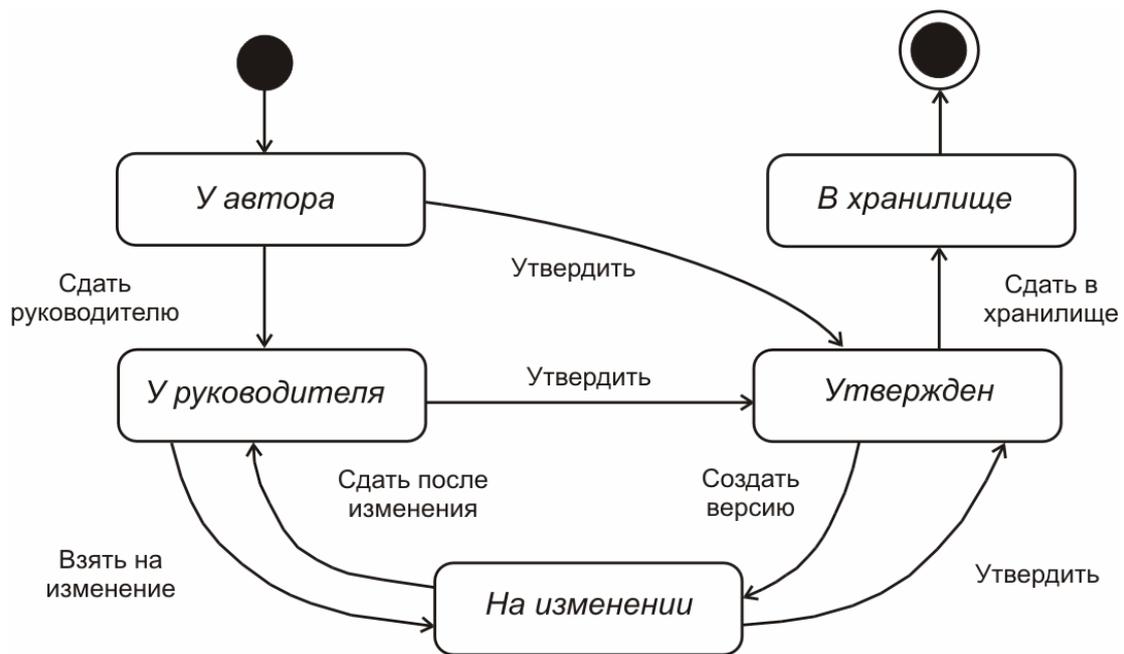


Рис. 7.10 Диаграмма состояний документа

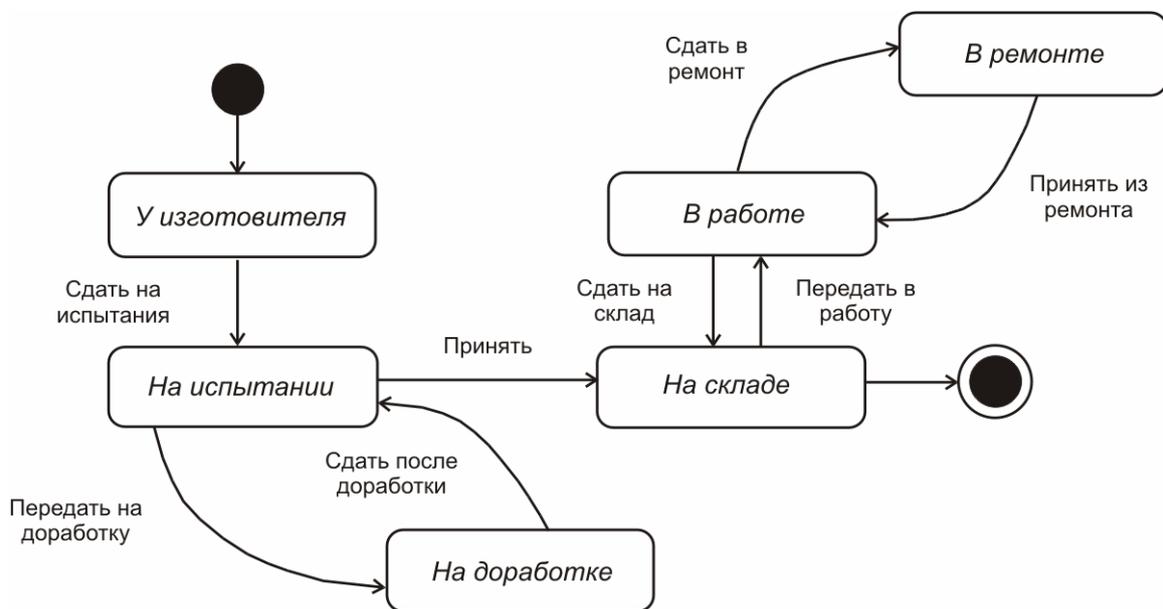


Рис. 7.11 Диаграмма состояний оснастки

Диаграммы деятельности. Эти диаграммы по своему внешнему виду напоминают обычные алгоритмы и могут рассматриваться как даль-

нейшая детализация диаграмм прецедентов. Основным элементом диаграммы деятельности является действие (выполняемая функция), но в отличие от диаграммы прецедентов эта функция является внутренней для системы, то есть она необязательно должна “замыкаться” на внешнего субъекта – актора. Графически действие изображается на диаграмме фигурой в виде прямоугольника, боковые стороны которого заменены дугами; внутри прямоугольника размещается наименование (описание) действия. Переход от одного действия к другому изображается сплошной линией со стрелкой. Условный переход, как и в алгоритмах, представляется в виде ромба. Начало и конец алгоритма изображаются кружками так же, как и в диаграмме состояний. В отличие от обычного алгоритма, диаграмма деятельности может содержать элементы синхронизации действий во времени в виде утолщенного горизонтального отрезка, на который замыкаются линии переходов.

Вариант синхронизации “разделение” означает разделение одного процесса на несколько параллельных процессов, а вариант “слияние” – продолжение в виде одного процесса, но только после того, как будут выполнены процессы, входящие в черту слияния.

В качестве примера диаграммы деятельности приведем диаграмму, описывающую процесс проектирования пресс-формы на основании полученной 3D модели детали (рис. 7.12).

Существует еще один вид диаграмм деятельности, специально ориентированный на представление бизнес-процессов – так называемые диаграммы с дорожками. Они позволяют изображать процессы в контексте их выполнения различными подразделениями и службами предприятия. При этом все действия на диаграмме делятся на группы, которые отделяются друг от друга вертикальными линиями. Две соседние линии и образуют дорожку, а действия между этими линиями выполняются конкретным подразделением, наименование которого записывается в верхней части дорожки. Пересекать линию дорожки могут только переходы, которые при этом означают вход потока управления в соответствующее подразделение или выход из него. Пример диаграммы деятельности с дорожками приведен на рис. 7.13.

Диаграммы последовательности. Эти диаграммы предназначены для моделирования временного взаимодействия объектов предметной области. Участвующие во взаимодействии объекты изображаются прямоугольниками, в прямоугольнике записывается подчеркнутое имя объекта и (через двоеточие) имя класса данного объекта. Допускается не указывать имя объекта, а только имя класса. Все объекты располагаются по горизонтали в верхней части диаграммы, а от каждого объекта вниз отходит пунктирная линия, называемая линией жизни. Объекты могут обмениваться сообщениями, которые изображаются сплошными линиями со стрелкой (от-

ветное сообщение изображается пунктирной линией). Эти линии направлены от линии жизни одного объекта к линии жизни другого, над линией располагается имя сообщения. Существуют также другие элементы диаграмм последовательности, которые здесь не рассматриваются.

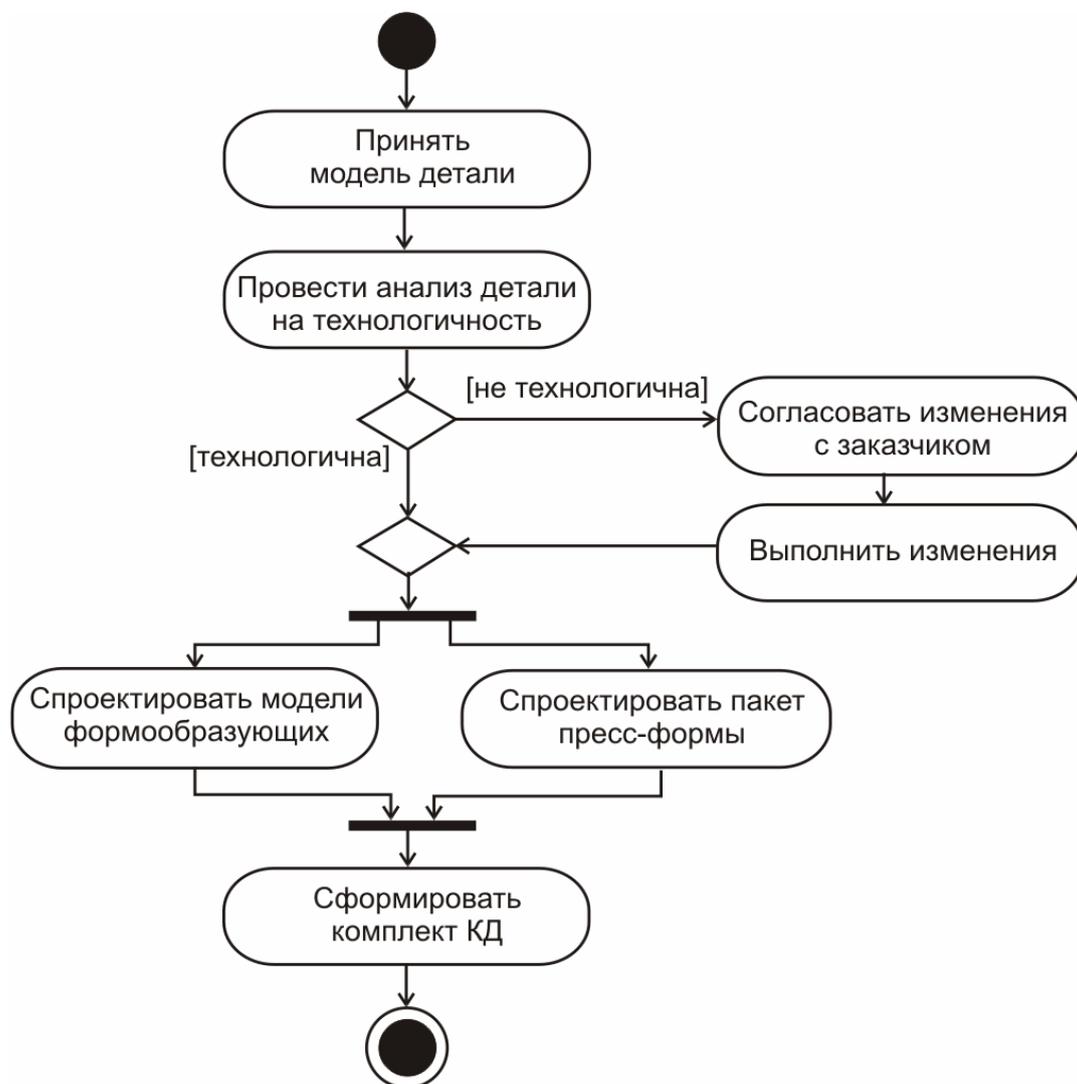


Рис. 7.12 Пример диаграммы деятельности

В качестве примера приведем диаграмму последовательности, иллюстрирующую процесс обмена сообщениями в КБ оснастки при проектировании формообразующей оснастки и инструмента (рис. 7.14).

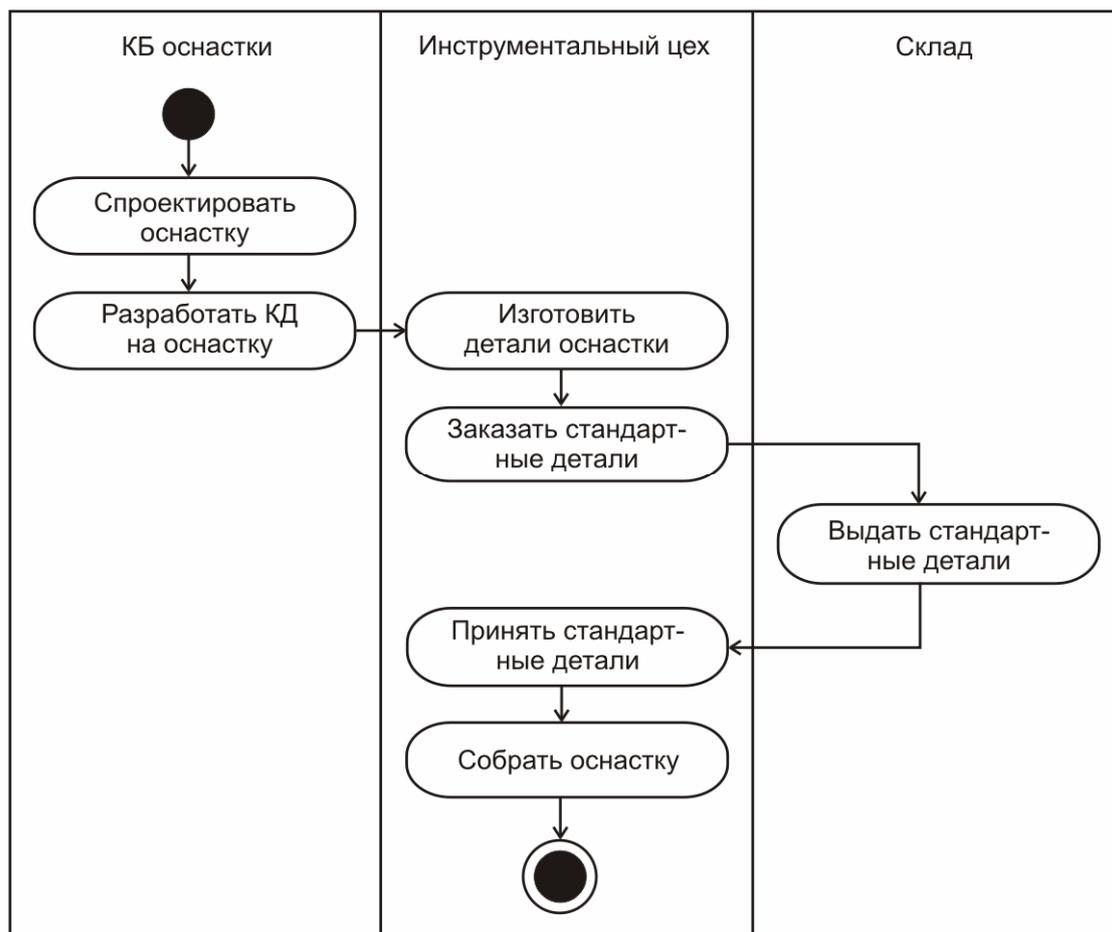


Рис. 7.13 Пример диаграммы деятельности с дорожками

Диаграммы кооперации. Эти диаграммы, как и диаграммы последовательности, предназначены для моделирования взаимодействия объектов предметной области. Однако, в них акцент делается не на “хронологической” последовательности сообщений, а на структурном взаимодействии участников. Существует две разновидности диаграмм кооперации – диаграммы уровня спецификации и диаграммы уровня детализации.

Основными элементами диаграммы уровня спецификации являются кооперация и ее участники. Кооперация – это некоторое действие (процесс), выполняемое участниками совместно с некоторым разделением ролей. Участники на диаграмме изображаются такими же прямоугольниками, как на диаграмме последовательности или в виде актеров, а кооперация изображается пунктирным эллипсом, который соединяется пунктирными линиями с участниками, при этом рядом с линией записывается наименование роли. Сказанное иллюстрируется рис. 7.15, где изображена диаграмма кооперации уровня спецификации для процесса изготовления формообразующей оснастки.

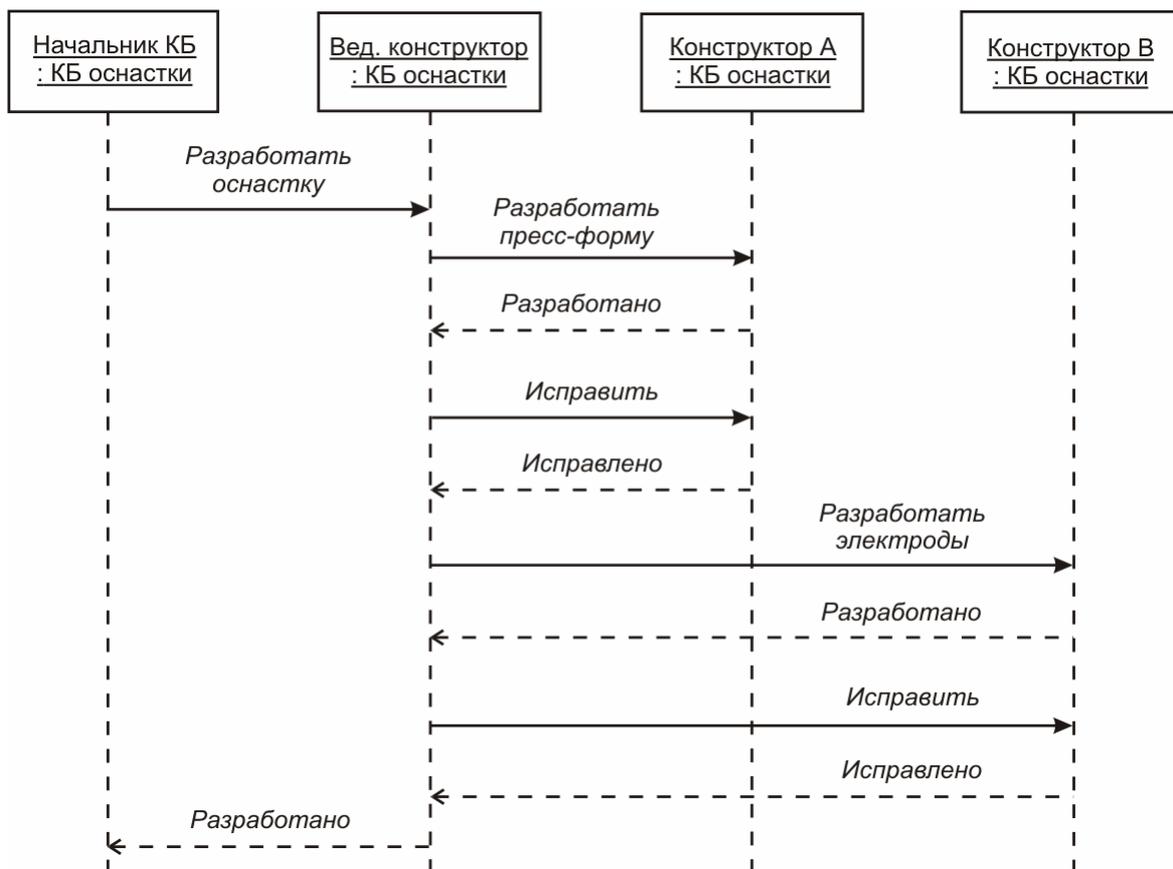


Рис. 7.14 Пример диаграммы последовательности

На диаграммах уровня детализации указывается состав участников кооперации и детализируются связи между ними. Рядом со связью (сплошной соединительной линией) могут проставляться сообщения в виде линий со стрелкой и наименованием сообщения. Как и в диаграммах последовательности, линии с ответными сообщениями изображаются пунктиром.

На рис. 7.16 изображена та же диаграмма кооперации для процесса изготовления формообразующей оснастки, что и на рис. 7.15, но уже на уровне детализации. Как и в случае диаграмм последовательности, диаграммы кооперации могут включать ряд более сложных элементов, которые здесь не рассматриваются.

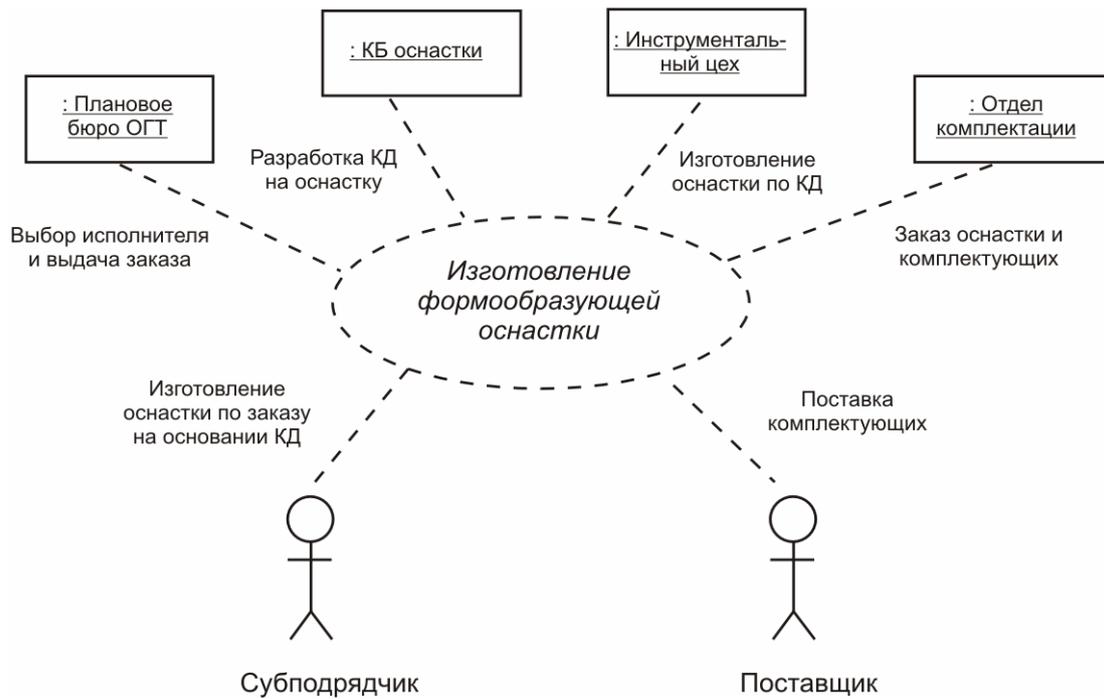


Рис. 7.15 Пример диаграммы кооперации (уровень спецификации)

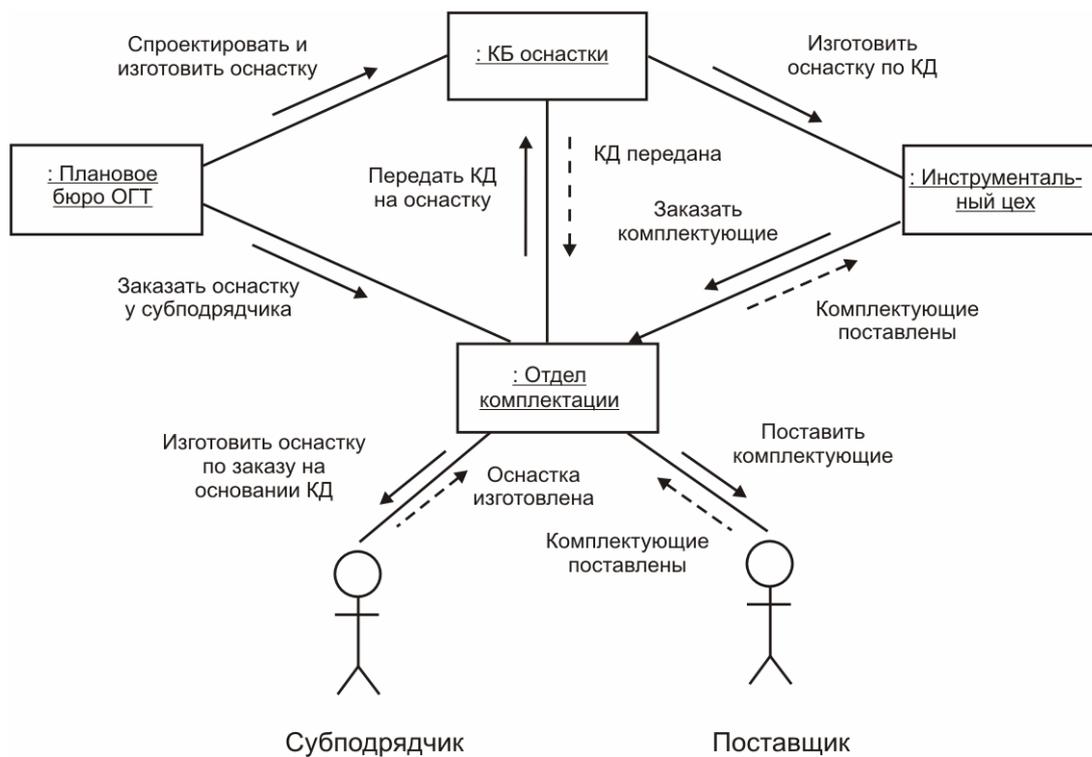


Рис. 7.16 Пример диаграммы кооперации (уровень детализации)

Диаграммы компонентов и диаграммы развертывания. Оба эти вида диаграмм совместно называют диаграммами реализации. Они отображают структуру и состав программных компонентов разрабатываемой системы (диаграммы компонентов) и ту техническую платформу, на базе которых это программное обеспечение будет функционировать (диаграммы развертывания).

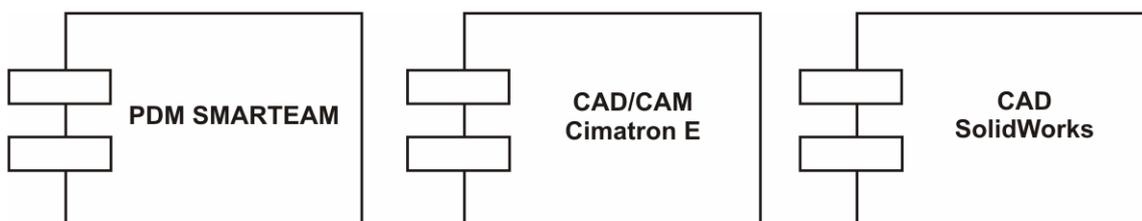


Рис. 7.17 Примеры изображения компонентов на диаграмме

Компоненты имеют специальные графические обозначения (рис. 7.17), между которыми могут быть обозначены связи в виде линий. Для сферы ТПП в качестве компонентов могут выступать CAD/CAM, CAE и PDM-системы, их приложения, самостоятельные программные модули. Следует отметить, что диаграммы компонентов, как и диаграммы развертывания, имеют отношение к “физической” реализации создаваемой информационной системы и непосредственно не содержат специфики бизнес-процессов моделируемой предметной области. Поэтому рассмотрение этих видов диаграмм здесь может быть опущено.

Отметим, что проведенная выше “трансляция” понятий языка UML на предметную область ТПП создает основу для использования языка UML в целях моделирования ТПП на предприятиях отечественного машиностроения.

8. Построение статической объектно-ориентированной модели предметной области

Функционирование АСТПП как единой, целостной системы предполагает функционирование всех ее компонент в едином информационном пространстве (ЕИП) ТПП. Под ЕИП понимается единая информационная среда, реализуемая средствами PDM-системы и обеспечивающая совместную, согласованную работу конструкторов, технологов и других специалистов предприятия при выполнении работ по подготовке производства. 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, что вытекает из рассмотренного выше положения стратегии PLM о необходимости поддержки информации об изделии на всех этапах его жизненного цикла. В самом деле, если целью создания ЕИП является поддержка информации на различных этапах ЖЦИ, то само изделие по необходимости является центральным объектом данного ЕИП.

С появлением САД-систем понятие модели изделия стало ассоциироваться с его пространственной геометрической 3D моделью. Причина этого достаточно очевидна: поскольку любое машиностроительное изделие является некоторым пространственным материальным объектом, то именно геометрический образ этого объекта предоставляет наибольшее количество информации об этом объекте. В контексте вопроса поддержки всех этапов ЖЦИ понятие модели должно рассматриваться шире, как совокупность всей необходимой информации об изделии.

Помимо информации об изделии (или продукте), в сфере ТПП не менее важную роль играет информация о процессах изготовления данного продукта, а также о ресурсах, необходимых для этого изготовления. Таким образом, ЕИП ТПП включает в себя информацию о продукте, процессах и ресурсах, которая может совместно использоваться конструкторами, технологами, управленцами и другими специалистами предприятия. Эти три раздела (“Продукт”, “Процесс”, “Ресурс”) образуют три класса информации, которые, в силу их наиболее высокого уровня абстракции, будем называть суперклассами или разделами.

Однако, во многих случаях один и тот же объект предметной области ТПП может быть отнесен как к одному, так и к другому суперклассу из

тройки “Продукт – Процесс – Ресурс”. Например, технологический процесс (ТП) по своей сути является процессом, но он же является одновременно продуктом функционирования ТПП. Разработанная оснастка является продуктом функционирования ТПП, но с другой стороны она же является ресурсом при изготовлении основного изделия.

Причина подобной двойственности заключается в разных точках зрения на объект – либо “изнутри” системы ТПП, либо “извне” с позиций общего рассмотрения этапов ЖЦИ. При этом ни одна из точек зрения не может быть предпочтительной: ЕИП должно обеспечивать как оптимальное функционирование сферы ТПП, так и удобство его использования на других этапах ЖЦИ. Поскольку использование данных критериев возможно лишь на этапе реализации модели ТПП средствами конкретной PDM-системы, то для дальнейшей классификации примем, при наличии альтернативных вариантов, одно из возможных решений.

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”. Отметим, что по ГОСТ 2.101-85 изделиями являются и сборочные единицы, и комплексы, и комплекты, и детали, независимо от уровня входимости, так что слово “изделие” необходимо трактовать как нарицательное наименование. Тем не менее, сохраним термин “Изделие” для первого уровня классификации, а на втором уровне произведем более детальное деление (рис. 8.1).

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”.

Отметим, что в стандартах ЕСКД только недавно появилась новая категория информационных объектов – 3D модели деталей и сборочных единиц. Создание моделей не только является этапом работы конструктора (за который он должен отчитываться), но сами модели, по количеству содержащейся в них информации, должны удовлетворять требованиям чертежа (эти требования содержатся в ЕСКД). Поэтому геометрические 3D модели целесообразно отнести к категории конструкторских документов и размещать их в отдельном подклассе “3D модели” класса “Конструкторская документация”.

Таким образом, общая структура раздела ЕИП “Продукт” будет выглядеть в соответствии с рис. 8.1. Здесь использовано сокращенное обозначение классов в нотации UML, без изображения разделов атрибутов и операций.

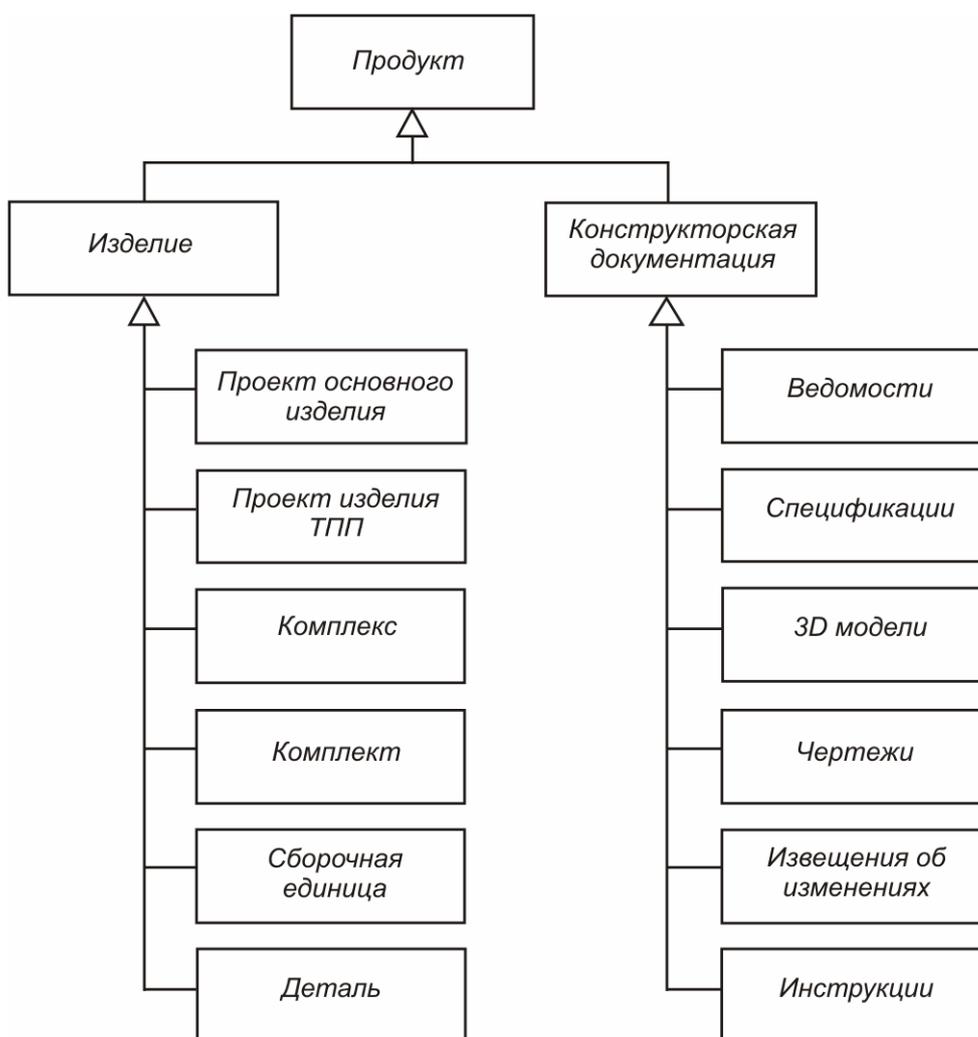


Рис. 8.1. Классификация раздела “Продукт”

Представленная классификация не является полной и может быть в конкретных случаях расширена. Например, если на предприятии в сфере ТПП изготавливаются детали, выполняющие роль сложных заготовок для последующей обработки, то в класс “Изделие” следует ввести специальный подкласс для таких объектов, с названием, например, “Деталь-заготовка”. Конструкторские документы также могут иметь дополнительные подклассы на приведенном уровне, а также могут быть детализированы в подклассах следующего уровня. Отметим, что детализация возможна как за счет введения новых подклассов, так и за счет использования для этой цели некоторых атрибутов.

Содержание ЕИП ТПП в разделе “Продукт” определяется размещением в нем конкретных объектов (то есть проектов, сборочных единиц, деталей, конструкторских документов и т. д.) в соответствии с принятой системой классификации. При этом, как было отмечено выше, важен не только перечень создаваемых классов, но и устанавливаемые отношения между ними. Так, соединительные линии с треугольной стрелкой на конце, изображенные на рис. 8.1, определяют отношение обобщения, приводящее к наследованию атрибутов. Для описания иерархической структуры изделия используется отношение агрегации так, как показано на рис. 8.2 (в целях простоты рассмотрение комплексов и комплектов опущено). Однако, при этом отношение агрегации устанавливается не между классами, а между объектами, то есть между компонентами конкретного изделия.

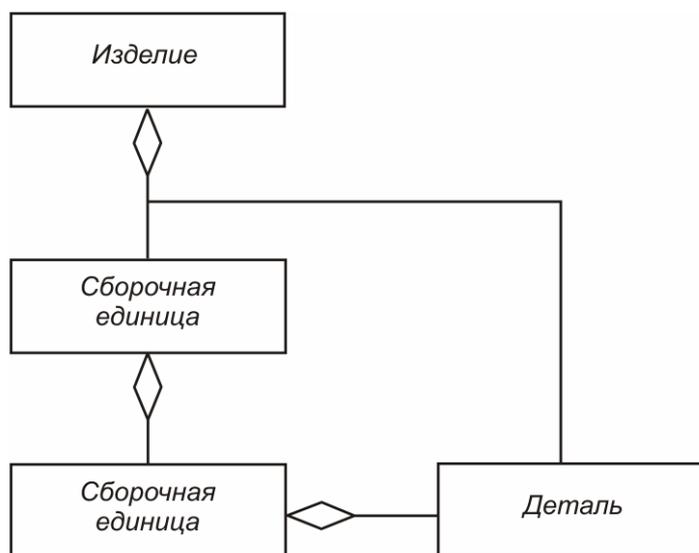


Рис. 8.2. Описание иерархической структуры изделия с помощью отношения агрегации

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 так, как показано на рис. 8.3.



Рис. 8.3. Использование отношения 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.

Как известно, при разработке ТП определяется необходимая оснастка и инструмент. Если оснастку или инструмент нужно изготавливать, составляется соответствующая карта заказа для служб ТПП. Так как информация о заказах является “сопутствующей” информацией к ТП, то ее следует также включить в раздел “Процесс” ЕИП ТПП.

Таким образом, классификация раздела “Процесс” будет выглядеть в соответствии с рис. 8.4 (здесь классификация ТД приведена частично). В

классе ТП, для использования в качестве элементов ТП, предусмотрены операции и переходы, а необходимые, например в ТП механообработки сведения об оборудовании, приспособлениях, режущем, вспомогательном и измерительном инструменте определяются на основе ассоциативных связей с другими классами, принадлежащими суперклассу “Ресурс” (рис.8.5).

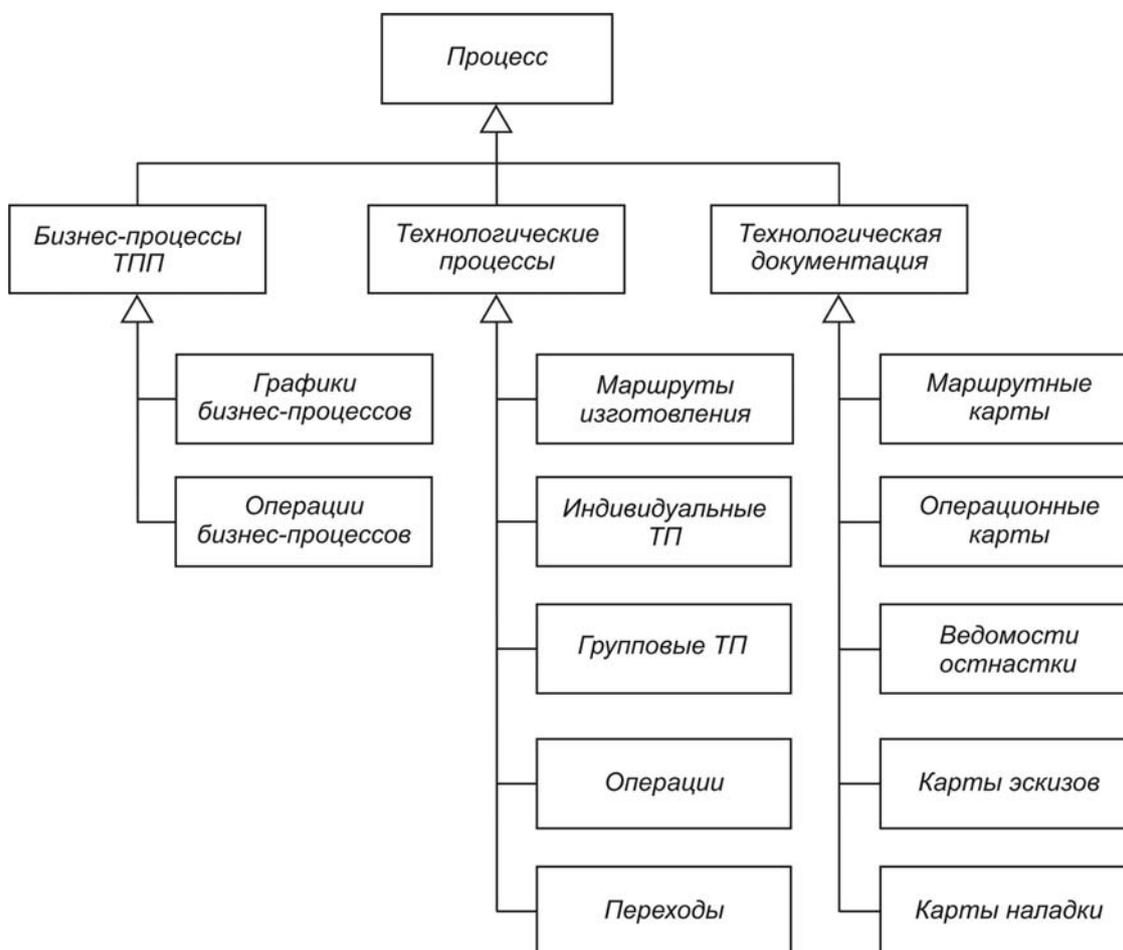


Рис. 8.4. Классификация раздела “Процесс”

Сделаем некоторые пояснения по представлению информации в классе бизнес-процессов. Как отмечалось выше, 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.

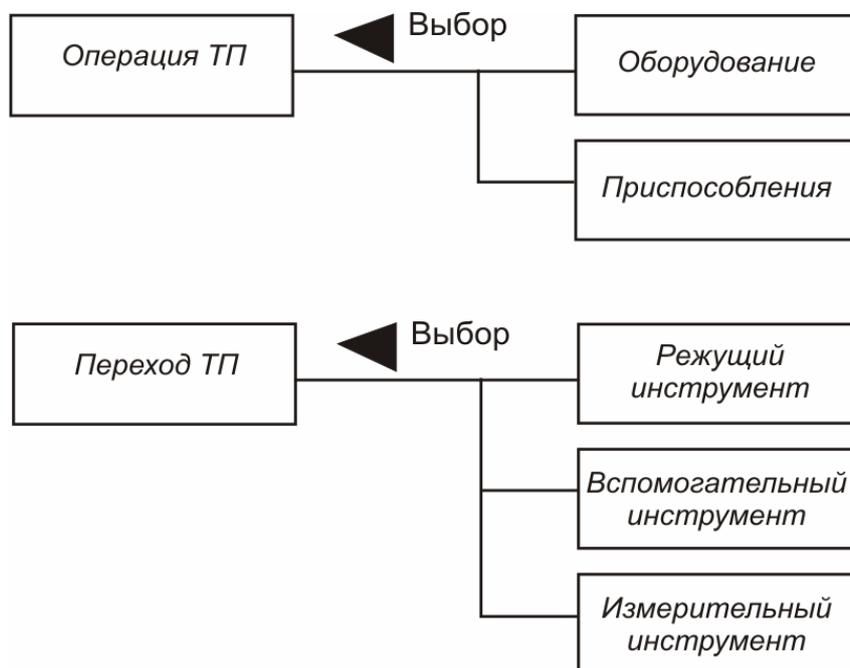


Рис. 8.5. Ассоциативные связи классов при проектировании ТП

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

- *Кадровый ресурс* – включает отделы, службы и цеха предприятия, их сотрудников и специалистов, участвующих в процессах ТПП;
- *Производственный ресурс* – включает используемое технологическое оборудование, различные виды оснастки и инструмента;
- *Материальный ресурс* – включает используемые материалы, стандартные и покупные изделия (СИ и ПИ);
- *Информационный ресурс* – включает используемые при выполнении бизнес-процессов ТПП справочно-информационные материалы, такие как ГОСТы на материалы и стандартные изделия, нормативно-технологические документы, а также архивы КД и ТД, находящиеся в ведении служб технической документации предприятия.

Таким образом, классификация раздела “Ресурс” будет выглядеть в соответствии с рис. 8.6.

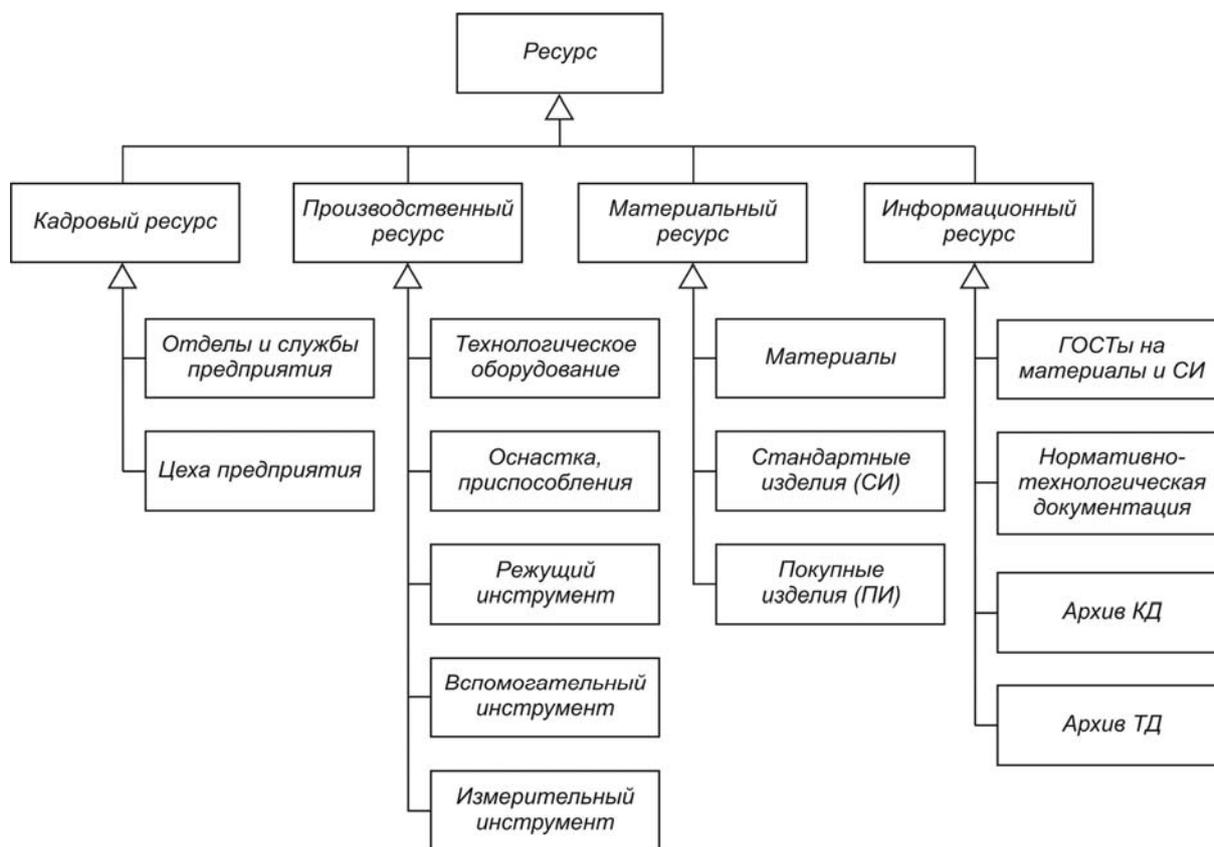


Рис. 8.6 Классификация раздела “Ресурс”

Степень дальнейшей детализации того или иного класса раздела “Ресурс” зависит от характера задач, решаемых как на этапе ТПП, так и на некоторых других этапах ЖЦИ. Например, если информация об оборудовании используется только при проектировании ТП, то достаточно ограничиться перечислением моделей станков с указанием цехов в которых эти станки размещены. Если же информация используется для организации планирования производства, обслуживания и ремонта оборудования, то необходима дополнительная классификация оборудования и достаточно большой набор атрибутов, описывающих каждую единицу оборудования.

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.

При реализации единой базы данных средствами PDM-системы суперклассы “Продукт”, “Процесс” и “Ресурс” могут не создаваться явно в

качестве классов, а носить “условный характер” и присутствовать только в диаграммах UML.

Все системы и их компоненты, работающие с информацией ЕИП, можно классифицировать по так называемым контурам (слоям) программного обеспечения, которые включают: внутрисистемный контур; технологический контур; проектный контур; внешний контур (рис. 8.7).



Рис. 8.7 Программные контуры и единая база данных

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

- 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;
- автоматическое ведение версий документов;
- поиск документов по учетной информации и логическим связям;
- автоматическое наращивание обозначений документов и объектов;
- регламентация прав доступа к информации;

-
- экспорт и импорт информации;
 - составление графиков производственных заданий и отслеживание их выполнения.

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: проектирование технологических процессов; разузлование изделий; расчет потребности в материалах и стандартных изделиях; формирование циклограмм сборки; получение сводных конструкторско-технологических документов и др.

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 чертежа. Для CAD-систем, которые интегрированы с PDM, эта функция является единой, и идентификационные данные достаточно ввести либо в PDM-системе, либо в CAD-системе.

Внешний контур – это потребителями информации, созданной на этапе ТПП, которые обслуживают 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.

9. Переход от моделей бизнес-процессов к моделям потоков производственных заданий

Как было показано в п. 7, 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. Так, даже в случае наиболее высокого уровня абстракции, диаграмма прецедентов, изображенная на рис. 7.3, может принять несколько другой вид (рис. 9.1). Эта диаграмма описывает в общем виде систему ТПП для крупного приборостроительного предприятия. Приводимые ниже в данном разделе другие функциональные диаграммы бизнес-процессов ТПП также отражают определенную специфику такого предприятия; тем не менее они в достаточной мере являются типовыми.

Следующий уровень детализации функций (бизнес-процессов) ТПП определяется диаграммой прецедентов, представленной выше на рис. 7.4. Это известный перечень функций ТПП, дальнейшая детализация которого учитывает особенности конкретного предприятия и требует перехода к описанию этих функций с помощью диаграмм деятельности с дорожками.

На рис. 9.2 – 9.5 приведены диаграммы деятельности для основных функций ТПП, включающих: отработку изделия на технологичность; проектирование нестандартного оборудования (НСО); проектирование оснастки или средств технологического оснащения (СТО); проектирование технологических процессов (ТП). Функция управления ТПП не может быть детализирована в виде одной диаграммы – она неявным образом входит во все представленные выше виды диаграмм в виде потоков управления работами по проектированию и изготовлению.

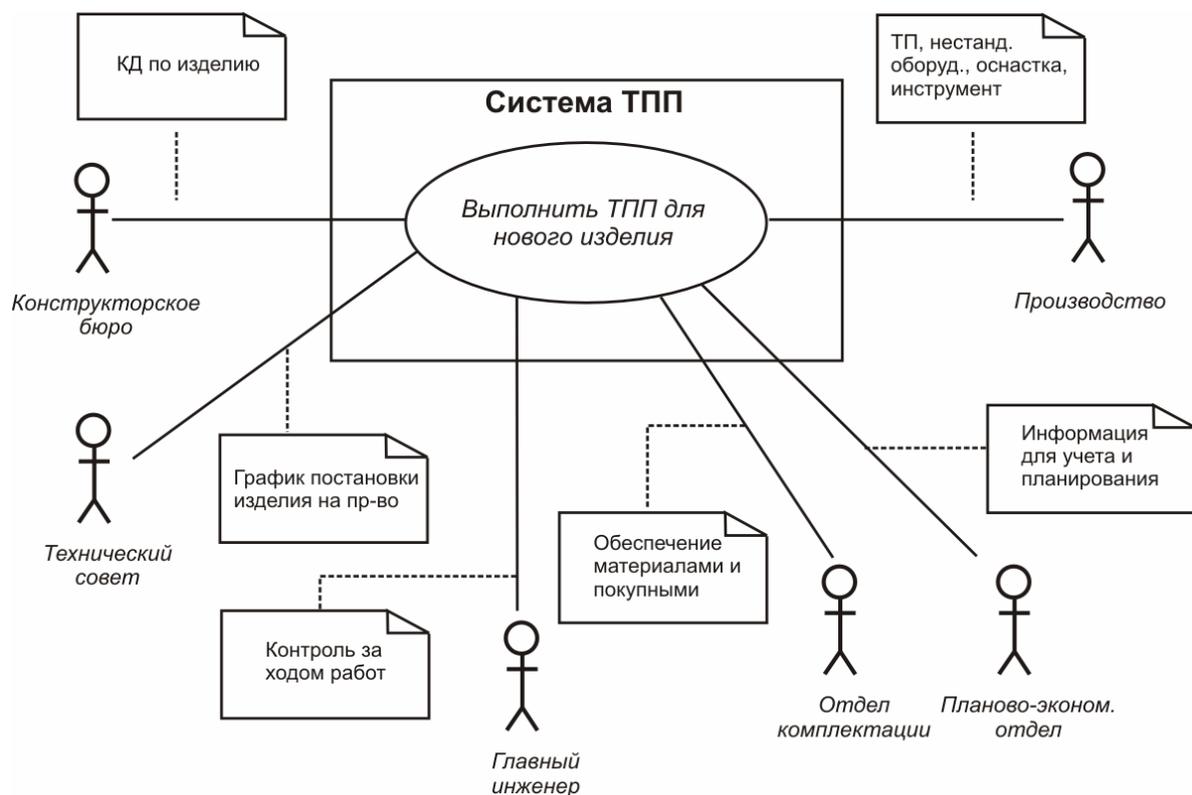


Рис. 9.1 Общая диаграмма прецедентов для системы ТПП

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.

Однако, уровень детализации бизнес-процессов ТПП на приведенных диаграммах еще не позволяет использовать их для составления графиков производственных заданий в АСТПП, с целью непосредственной организации управления процессами подготовки производства. 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.

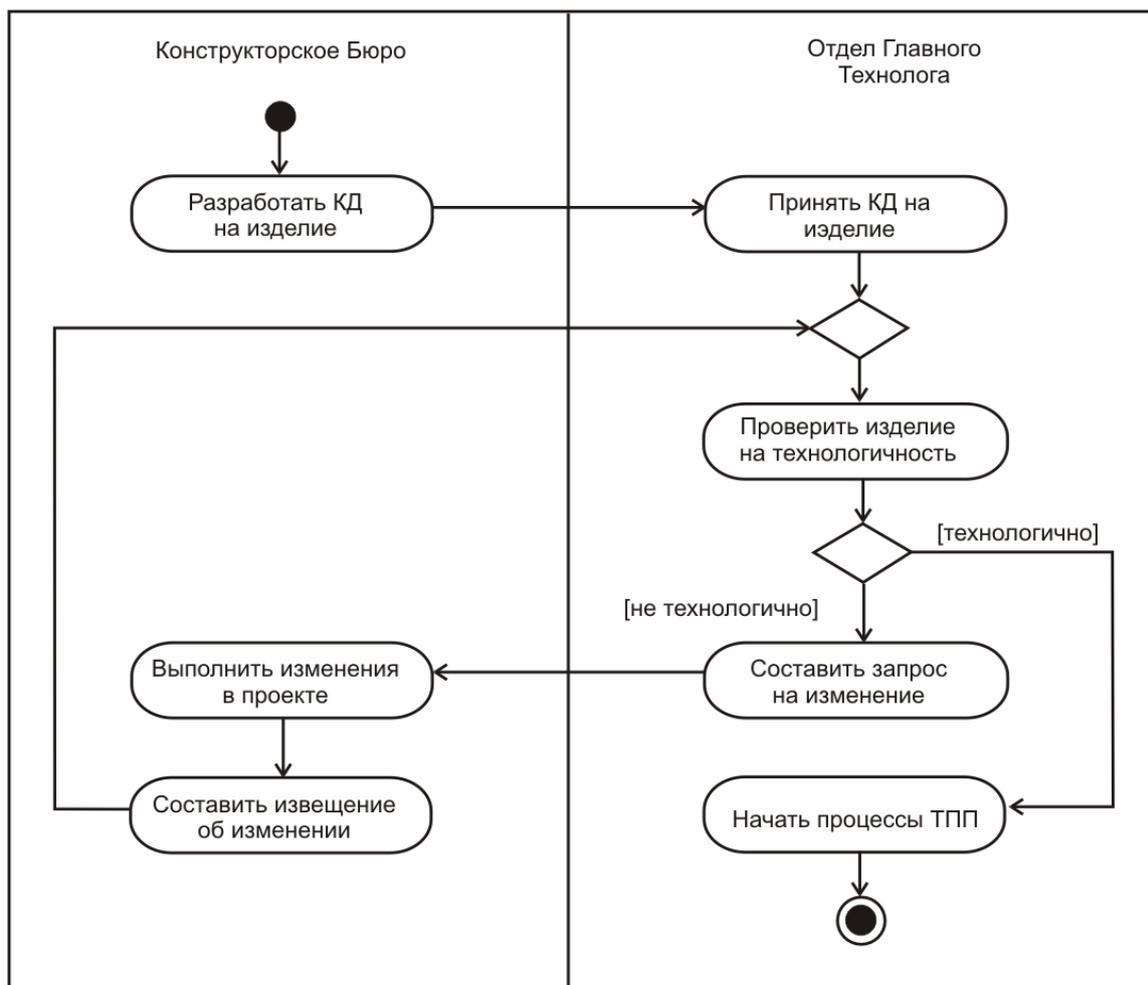


Рис. 9.2 Диаграмма деятельности для функции ТПП “Отработка изделия на технологичность”

Графики Workflow в SmarTeam визуально представляют собой совокупность узлов и соединителей, по которым информация перемещается от одного узла или состояния к другому (рис. 9.6). 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:

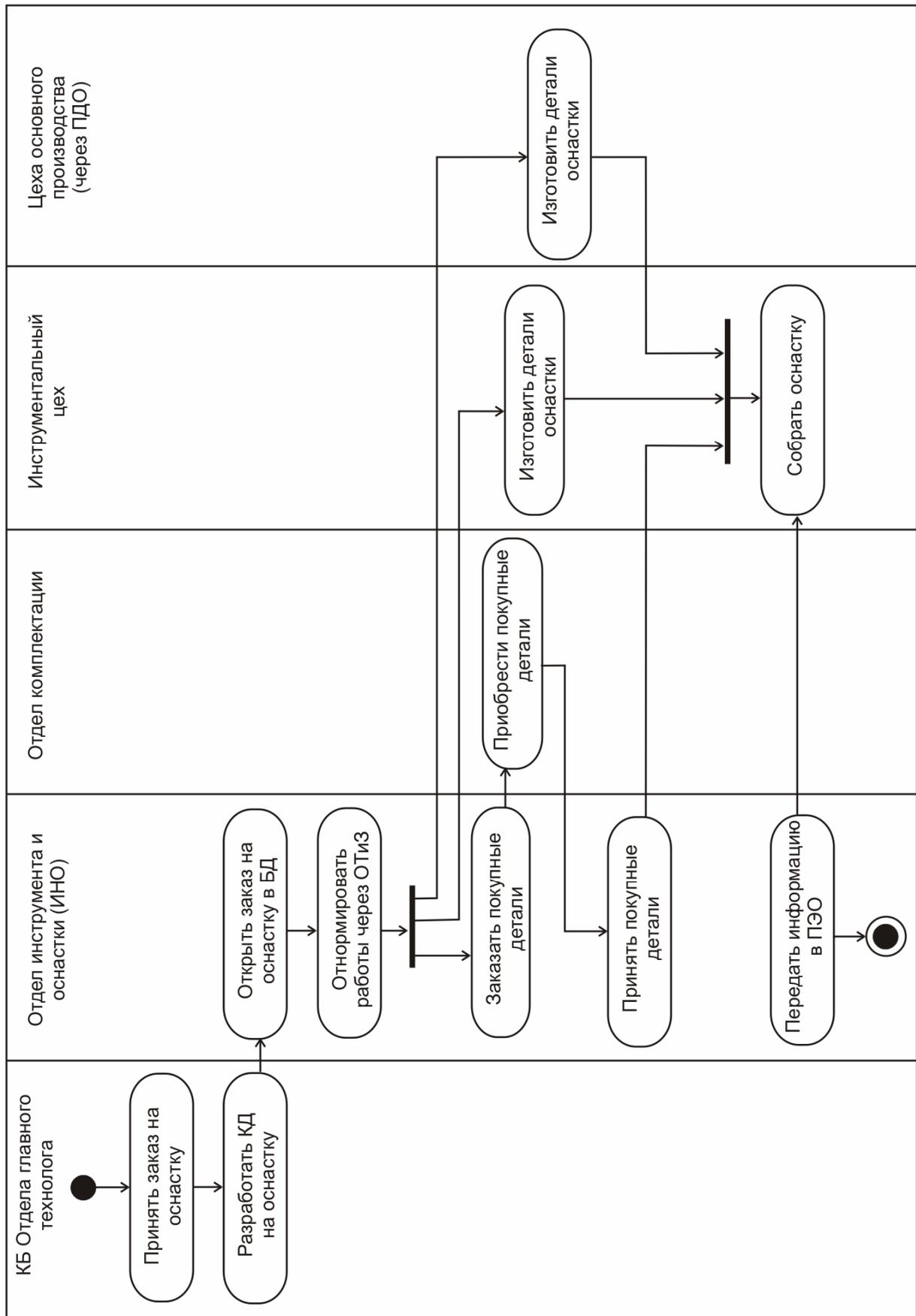


Рис. 9.3 Диаграмма для проектирования и изготовления оснастки

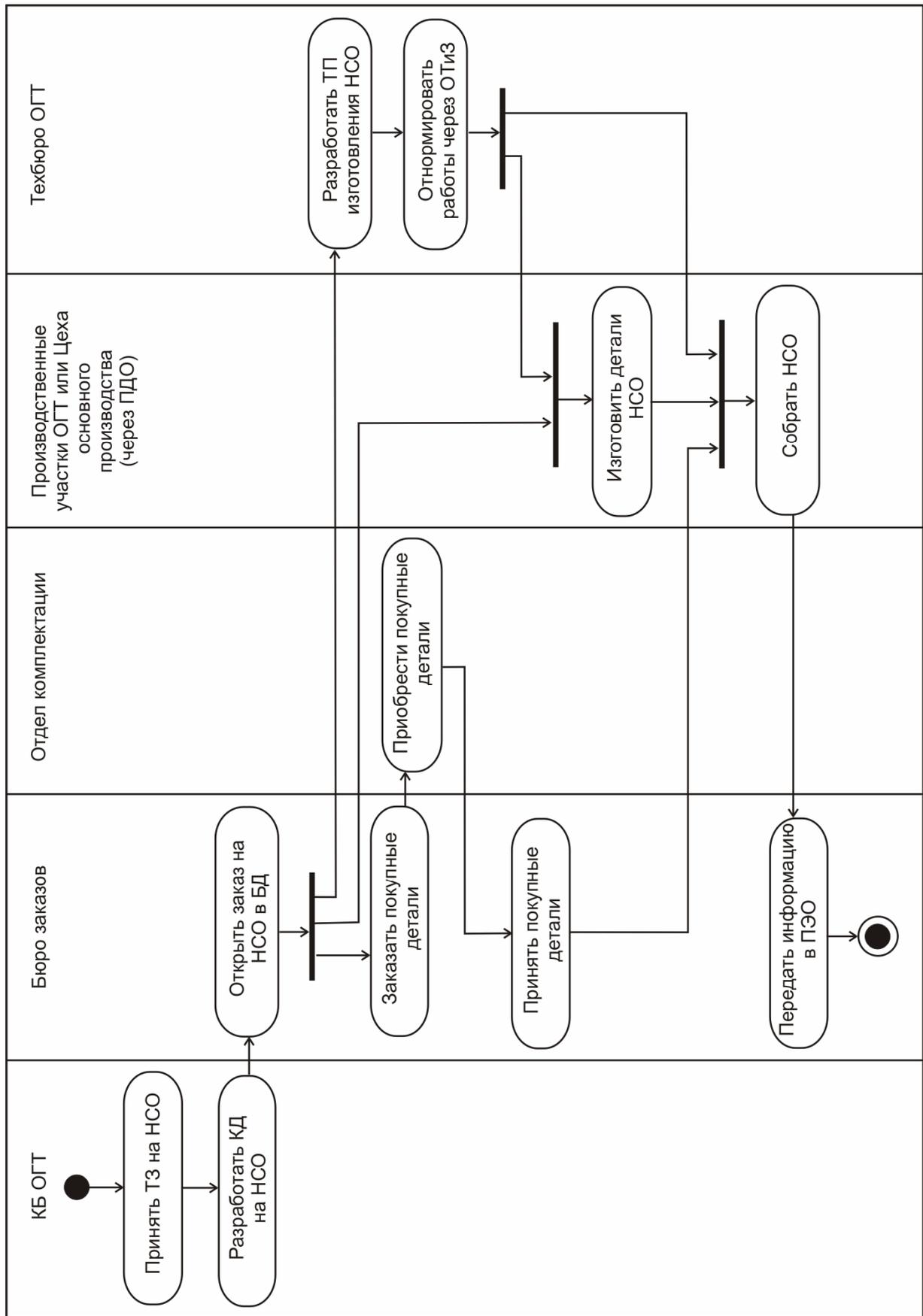


Рис. 9.4. Диаграмма для проектирования и изготовления НСО

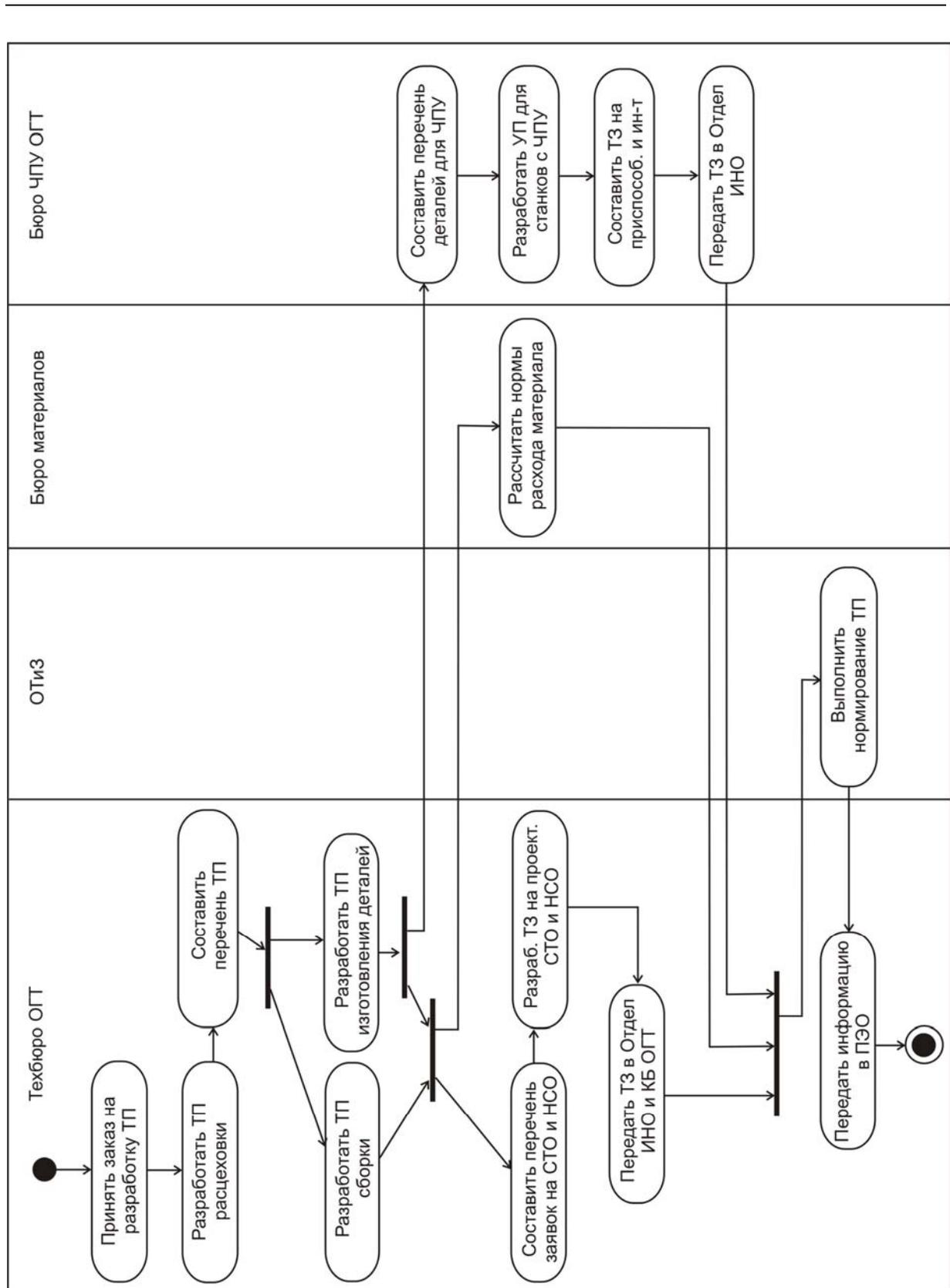


Рис.9.5 Диаграмма для проектирования ТП

- *Ручное задание.* Пользователь просто выполняет то, что ему предписано в этом узле, и отправляет 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.

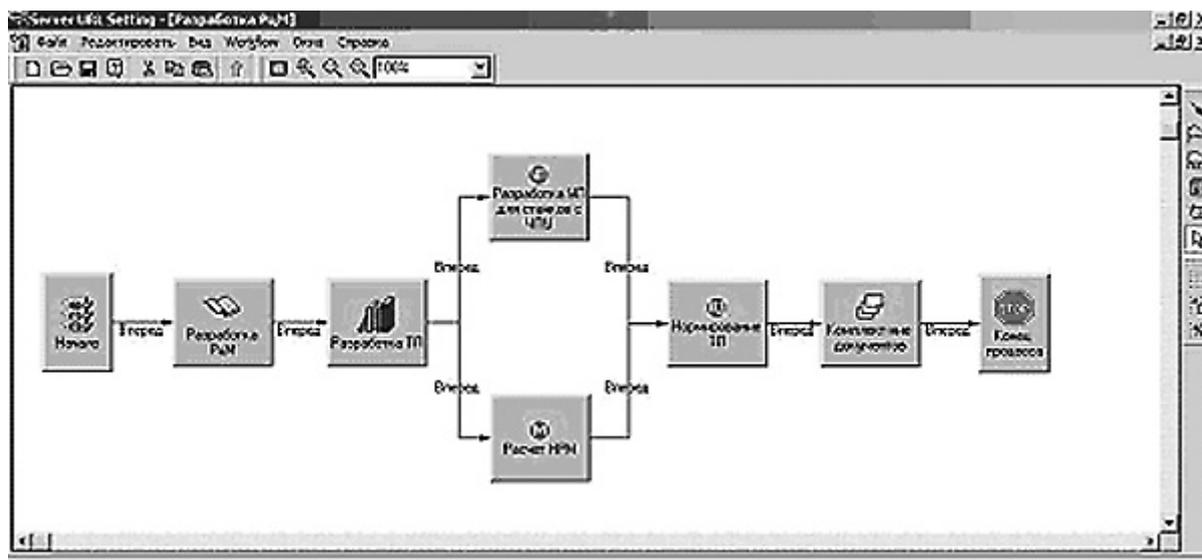


Рис. 9.6 Визуальное представление графика Workflow в PDM SmarTeam

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. Например, график “Разработать сборочный чертеж” описывает схему действий безотносительно к конкретной сборочной единице.

После того, как график создан, он может быть использован для запуска процесса выполнения конкретного задания. Инициирование процесса выполнения происходит на основе какого-либо события – например, окончания разработки модели сборочной единицы. При инициировании происходит “привязка” графика заданий к конкретной ситуации (в данном примере, это привязка графика “Разработать сборочный чертеж” к конкретной сборочной единице).

Сам процесс выполнения происходит следующим образом. После инициирования процесса в стартовом узле графика, иницируются те узлы, которые связаны соединителями со стартовым узлом. Пользователи, при-

крепленные 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. Программа позволяет создавать узлы разной формы, с разными рисунками (можно поместить в качестве рисунка фотографию пользователя узла), перетаскивать узлы и соединители по экрану, задавать направление передачи информации от одного узла к другому и т. д. Специальное окно позволяет наблюдать за статусом любого задания в реальном масштабе времени. Пользователи также могут просматривать отчеты по различной информации, возникающей в процессе выполнения производственных заданий. В систему включены шаблоны типовых графиков заданий (например, процесса инженерных изменений). Эти шаблоны упрощают построение графиков и могут быть изменены для целей конкретного предприятия.

Для отправки и получения уведомлений о необходимости выполнения заданий используется встроенная в SmarTeam почтовая система уведомлений SmartBox. Пользователи могут настроить ее на периодическую проверку поступления новых сообщений. Системы электронной почты не требуется, однако, SmarTeam может быть присоединен к электронной почте, чтобы иметь возможность дополнительного уведомления и информирования пользователей.

Инструкции, файлы и данные, которые должны быть задействованы, присоединяются к посылаемым сообщениям. Большие наборы данных, например, CAD-модели, в действительности не посылаются, но пользовате-

лю сообщается их расположение, чтобы он мог легко получить доступ к ним. Это обеспечивает небольшой размер присоединенного пакета. Отправленные данные задач и инструкции появляются в почтовом ящике получателя. Уведомления о событиях (например, об утверждении) могут быть также посланы другим пользователям, которым не нужно выполнять никаких действий.

Как было отмечено в п. 7, 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.

С целью обеспечения дополнительного сервиса при планировании сроков выполнения заданий, система SmarTeam обеспечивает интеграцию с системой календарного планирования MS Project. 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.

Возвращаясь к диаграммам деятельности 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:

- все сотрудники подразделения ТПП (например, КБ оснастки) используют на своих местах PDM и CAD-систему, но средства Workflow установлены только на компьютере начальника КБ;
- компьютер со средствами Workflow доступен всем сотрудникам КБ и каждый из них работает и отчитывается в соответствии со своим графиком независимо от того, какие средства он использует для автоматизации проектирования.

Из сказанного выше не следует, что диаграммы деятельности разрабатываются только с целью последующего составления графиков управления производственными заданиями. На начальных этапах детализации функционального описания системы их основная цель состоит в анализе предметной области с целью принятия организационно-технических решений и проведения оптимизации бизнес-процессов ТПП. Так, на основании функциональных процессов проектирования оснастки может быть проанализирован состав решаемых задач и принято решение о выборе используемых в составе АСТПП CAD/CAM и CAE-систем, а также определено необходимое количество автоматизированных рабочих мест.

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. В других случаях, когда процесс выполняется одним специалистом, построения диаграммы не требуется. В качестве примера можно привести проектирование в САМ-системе операции обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ. Хотя трудно описать процесс такого проектирования с помощью диаграммы деятельности, в этом описании нет смысла, так как нет необходимости в

его последующей программной реализации (он уже реализован в САМ-системе).

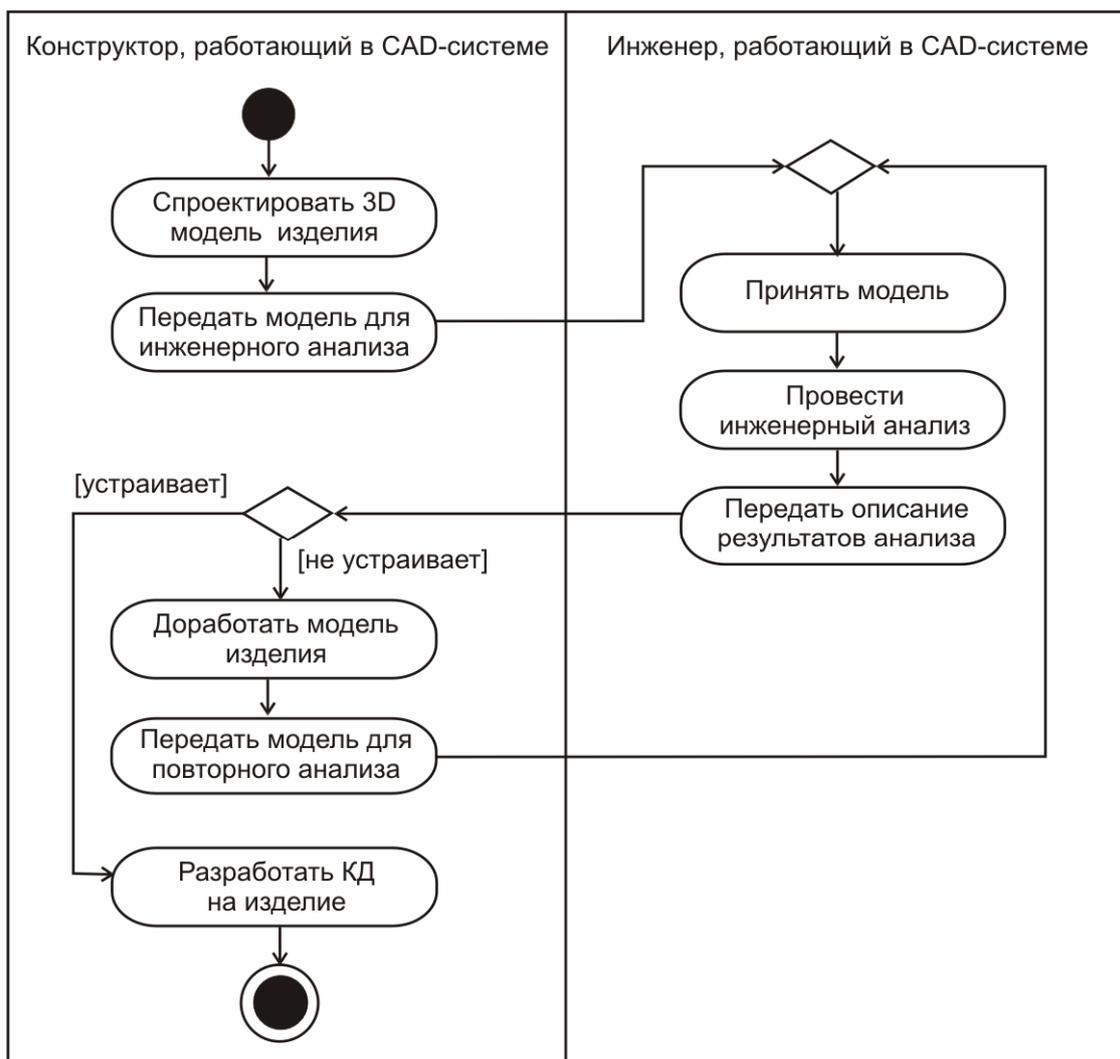


Рис. 9.7 Диаграмма совместной работы при проектировании и инженерном анализе

Зависимость ряда диаграмм деятельности от выбранных базовых программных средств можно проиллюстрировать примером на рис. 9.7. Здесь предполагается, что построение модели изделия и получение конструкторской документации (КД) выполняется в САД-системе одним специалистом, а задачи инженерного анализа проектируемого изделия решаются другим специалистом в САЕ-системе. 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. Если же предположить, что

функции проектирования и инженерного анализа решаются одним специалистом в выбранной САД-системе (точнее, САД/САЕ/САМ) – например, выбрана система САТІА соответствующей конфигурации – то необходимость в приведенной диаграмме отпадает, так как нет необходимости в ее программной реализации.

Важно понимать, что сами по себе функциональные диаграммы не выступают в качестве алгоритмов принятия решений по реинжинирингу или алгоритмов оптимизации бизнес-процессов ТПП. Принятие решений и оптимизация бизнес-процессов требуют учета большого числа глобальных факторов, включая финансовые возможности, кадровый потенциал и техническую политику предприятия. 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 IDEF0, 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.

10. Ведение конструкторских и технологических проектов в среде PDM-системы

Каждый проект основного изделия сопровождается в АСТПП конструкторскими проектами (КПр) изделий ТПП (НСО, оснастка, инструмент) и разработанными ТП изготовления основного изделия, которые можно назвать технологическими проектами (ТПр). Для обозначения всей совокупности конструкторских и технологических проектов ТПП для основного изделия введем аббревиатуру КТПр.

Так как описания КТПр хранятся в ЕИП ТПП, реализуемом средствами PDM-системы, необходимо установить такие процедуры ведения КПр и ТПр в среде PDM, которые бы не зависели от других систем, используемых для автоматизации конструкторского и технологического проектирования (CAD/CAM, CAE, САПР ТП и др.). Эти процедуры, встроенные в PDM-систему, обеспечивают работу специалистов в ЕИП ТПП и являются его неотъемлемой частью.

Ведение конструкторских проектов. В п. 8 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. Кроме того, при таком решении АСТПП не будет зависеть от наличия или отсутствия в используемой CAD-системе специальных приложений, выполняющих генерацию текстовых документов в соответствии с ЕСКД.

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

1. Привязку к КПр имени используемой CAD-системы с целью ее вызова из PDM-системы при работе с 3D моделью или чертежом изделия;
2. Привязку сгенерированного CAD-системой файла с 3D моделью или чертежом к соответствующему объекту классов “3D модели” и “Чертежи” (см. рис. 8.1);
3. Передачу атрибутивной информации об объекте из PDM в CAD-систему и обратно.

Первый и второй элементы интеграции обеспечиваются введением атрибутов “Имя САД-системы” в набор атрибутов класса “Проект изделия” и атрибута “Имя файла” в наборы атрибутов соответствующих классов. Третий элемент интеграции требует наличия в PDM и САД системах специальных интерфейсов. Так например PDM SmarTeam имеет интерфейсные модули интеграции с САД-системами CATIA, Pro/Engineer, SolidWorks и др.

PDM SmarTeam взаимодействует с интегрированными с ней САД-системами посредством выполнения следующих функций:

- автоматический вызов САД-системы из SmarTeam с передачей файла для проектирования 3D-модели или для создания чертежа;
- автоматическая передача информации из SmarTeam в основную надпись чертежа, проектируемого в САД-системе;
- автоматический вызов SmarTeam из САД-системы для передачи файлов 3D-моделей с регистрацией 3D-моделей, если они первично созданы в САД-системе (т.е. передача в SmarTeam дерева сборки);
- автоматическая передача информации из основной надписи чертежа, созданного в САД-системе, в SmarTeam.

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 САД-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 (рис. 10.1). После этого в PDM-системе выполняется формирование комплекта текстовых конструкторских документов. Общая схема такой работы изображена на рис. 10.2.

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.

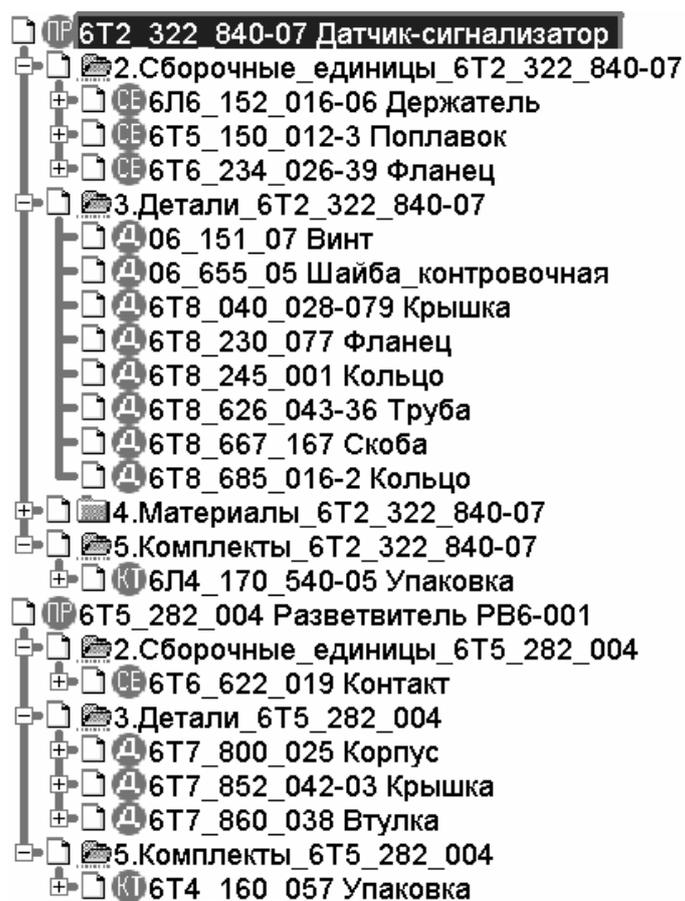


Рис. 10.1 Структура дерева проекта в PDM SmarTeam

Для оперативного просмотра и анализа характеристик 3D модели изделия PDM SmarTeam включает набор специальных программ – просмотрщиков, которые реализуют просмотр более 250 форматов файлов. Работа в режиме такого просмотра (рис. 10.3) не требует использования САД-системы, что важно для управленческого персонала ТПП, а также для работы с проектом на других этапах ЖЦИ. При просмотре можно масштабировать и вращать изображение объекта, делать сечения, выполнять линейные и угловые измерения, рассчитывать площадь, изменять освещение модели.

Работа в САД-системе при создании 3D моделей и чертежей не означает, что на данном этапе ведения КПр отсутствует управление процессами проектирования средствами PDM. Проектные работы инициируются и управляются соответствующими графиками Workflow, которые могут быть достаточно “объемными” при коллективном параллельном проектировании сложных изделий.

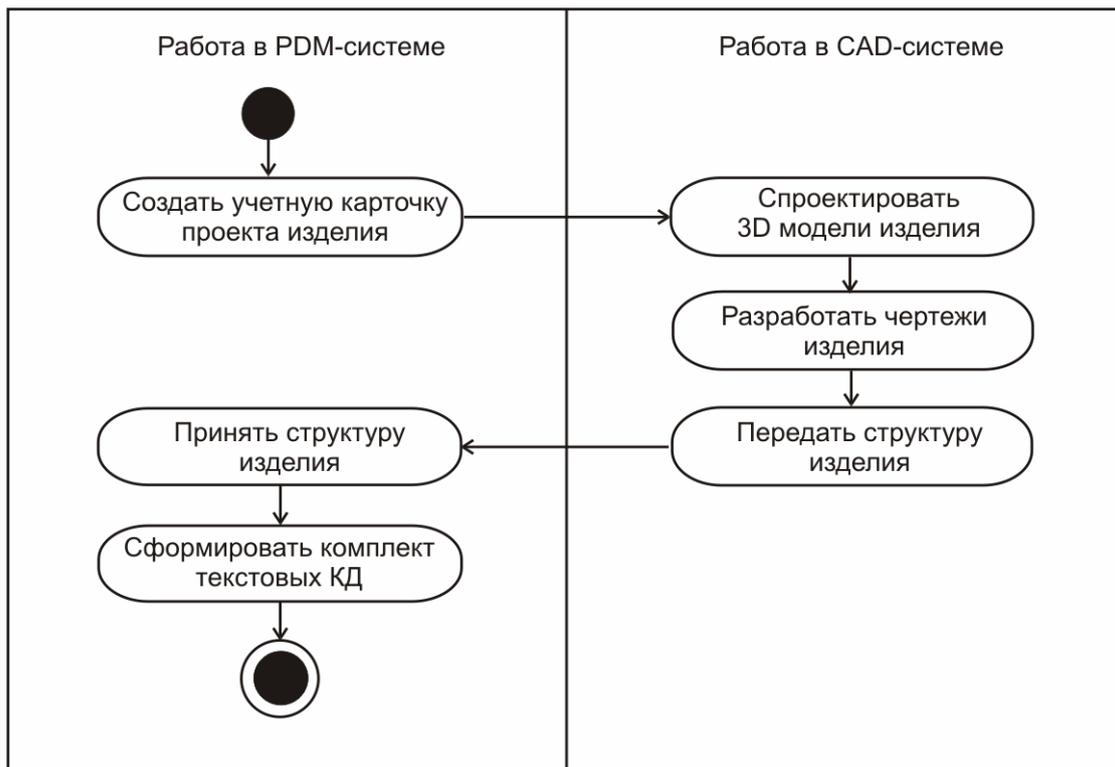


Рис. 10.2 Общая последовательность этапов конструкторского проектирования с использованием PDM и CAD систем

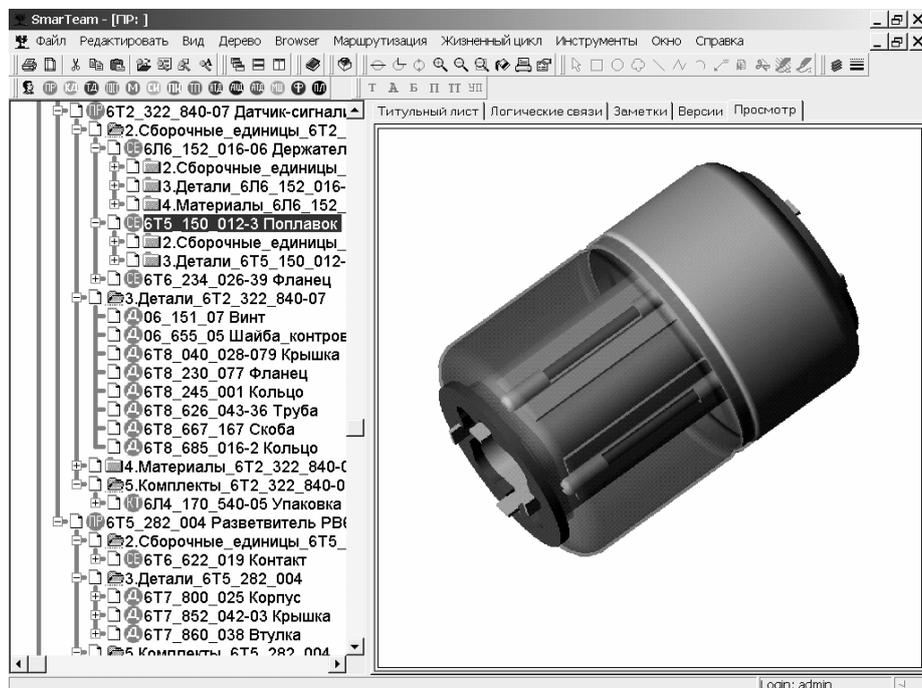


Рис. 10.3 Графический просмотр объекта проектирования

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 САД-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: индивидуальное проектирование; проектирование на основе группового ТП; проектирование ТП методом синтеза.

Метод индивидуального проектирования заключается в “ручной” компоновке 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.

Эвристические алгоритмы проектирования ТП могут быть реализованы в виде специальных таблиц, правил или фреймов. Методы их построения опираются на теорию представления знаний, которая является областью теории искусственного интеллекта.

Разработанные ранее, а также используемые сегодня САПР ТП реализуют те или иные из указанных методов. Большая часть используемых на практике САПР ТП базируется на использовании метода индивидуального проектирования. Это обусловлено тем, что такие системы наиболее просты и являются универсальными (например, системы Techcard и АВТОПРОЕКТ). Однако их основное ограничение состоит в том, что они не интегрированы в ЕИП ТПП. В результате их использование при комплексной автоматизации существенно затруднено.

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. При этом составы описывающих ТП параметров в файле ТП и в единой базе данных могут не совпадать, что порождает новые трудности. Кроме того, как уже отмечалось, 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 SmartTeam.

Проектирование ТП (как проектирование “с нуля”, так и проектирование на основе ТП-аналога) выполняется как стандартный процесс построения дерева проекта (рис. 10.4). Можно добавлять, удалять или заменять узлы дерева, описывать их конкретные характеристики. При этом определяется последовательность операций в маршрутном ТП, последовательности переходов в операционных ТП, выбирается оборудование, оснастка и инструмент, указываются режимы обработки.

Все эти действия осуществляются с использованием соответствующих разделов базы данных. Например, при добавлении в дерево ТП новой операции, технолог выбирает наименование операции из предлагаемого

системой списка. При выборе, например, режущего инструмента для перехода “Точить поверхность”, технолог просматривает списки имеющихся резцов и т. д.

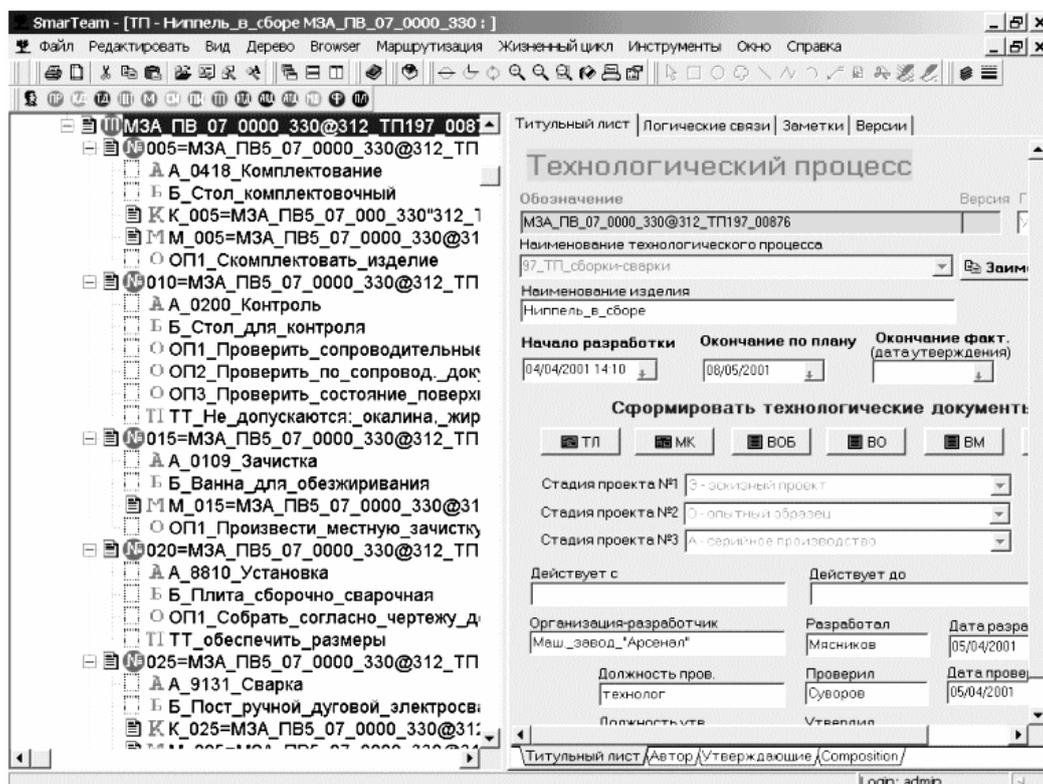


Рис. 10.4 Проектирование ТП в PDM SmarTeam

Средства настройки системы позволяют реализовать так называемый направленный поиск информации. Этот поиск используется при автоматическом формировании списков данных, которые предлагаются технологу при решении задач выбора оборудования, оснастки, технологических переходов и других элементов ТП. Направленный поиск позволяет получать такие списки, которые “не содержат ничего лишнего”. Так при выборе оборудования в токарной операции предлагается только список токарных станков (но не фрезерных или электроэрозионных), при выборе очередного перехода в токарной операции предлагаются только возможные для данной операции переходы и т. д. Пользователь может сам легко связывать те или иные группы объектов для обеспечения направленного поиска.

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 инст-

рументе, 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 САD-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 САD-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.

Управляющие программы для оборудования с ЧПУ, разработанные в САD/САM-системе, также являются “частью” ТП механообработки. А именно, каждая управляющая программа (УП) является “частью” соответствующего операционного ТП для станка с ЧПУ. Поэтому УП присутствуют в общей модели ТП и должны храниться в классе “Технологические процессы”. Кроме того, оформленные на бланках тексты УП хранятся в классе “Технологическая документация”.

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.

Особенность прежних систем синтеза ТП состояла в том, что они требовали описания детали на входе системы. Это описание было трудоемким и могло содержать плохо диагностируемые ошибки. Написание маршрутного ТП по чертежам вручную занимало у опытного технолога меньше времени, чем описание детали для САПР ТП. Поэтому практическая ценность систем синтеза была ограничена.

В настоящее время, с учетом использования САД-систем для автоматизации конструирования, геометрия требуемой детали может быть получена из САД-системы. Недостатком получаемой САД-модели является то, что она не содержит набора технологических признаков (атрибутов), необходимых для проектирования ТП. Поэтому нужна специальная программа (“Геометрический анализатор”), которая на основании САД-модели формировала бы технологическое описание детали. Геометрический анализатор должен строиться на основе методов искусственного интеллекта, распознавания образов и использования баз знаний (рис. 10.5).

После программы “Геометрический анализатор” должна работать программа “Технологический решатель”, которая, на основании сформированного технологического описания детали, осуществляет непосредственное проектирование ТП методом синтеза. Решение этой задачи также требует применения методов искусственного интеллекта и использования баз знаний.

В настоящее время разработка методов синтеза ТП носит в основном характер научных исследований. Практическая реализация этих методов позволит обеспечить качественно новый уровень интеграции при решении задач конструкторского и технологического проектирования.

Рассмотрим еще одну задачу, непосредственно связанную с ведением проектов – организацию электронного архива конструкторской и технологической документации.

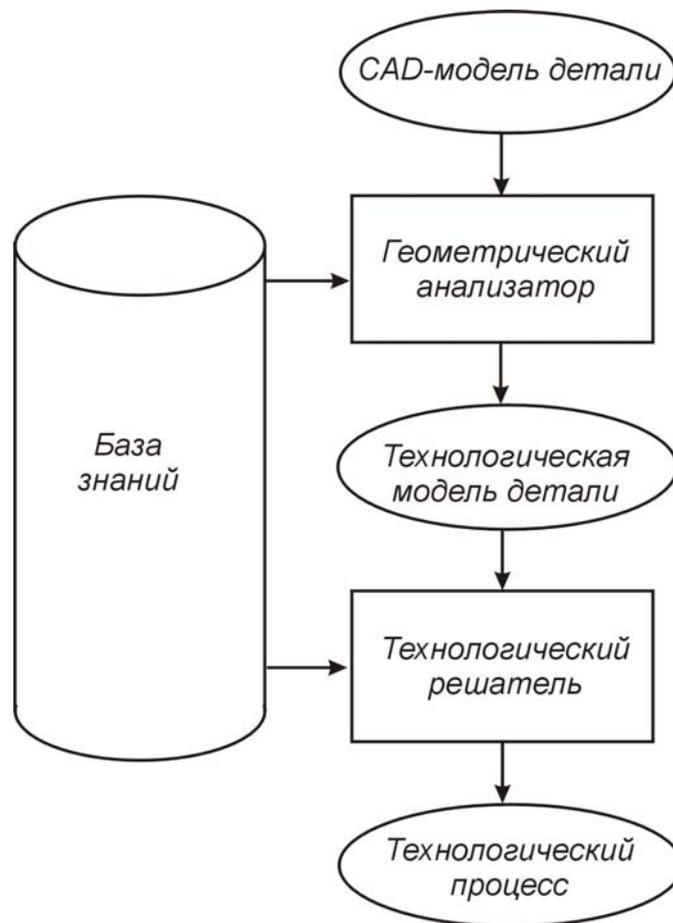


Рис.10.5 Общая схема проектирования ТП на основе САД-модели методом синтеза

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 SmartTeam представляется учетной карточкой, содержащей идентификационные характеристики документа и присоединенным к ней файлом с содержательной информацией (файл 3D модели, файл чертежа, текстовый файл и др.).

Конструкторские и технологические документы электронного архива порождаются на основе результатов проектирования – например, моделей изделий и их чертежей, полученных в САД-системе, или технологических процессов, разработанных с помощью САПР ТП. Часть документов формируется специальными программами технологического контура – к таким документам, в частности, относятся: спецификация по типу ГОСТ 2.108-

85; ведомость спецификаций по типу ГОСТ 2.106-85; ведомость покупных изделий по типу ГОСТ 2.106-85; результаты разузлования (левая часть ведомостей материалов или аналогичных документов). Еще один, дополнительный способ формирования документа в архиве состоит в сканировании бумажного документа.

В PDM SmarTeam документ может находиться в одном из пяти состояний: “У автора”, “У руководителя”, “На изменении”, “Утвержден” и “В хранилище” (см. рис. 7.10). 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”.

При выполнении команды “Взять на изменение” SmarTeam автоматически создает копию исходного файла, присваивает этой копии код промежуточной версии и эту копию передает на редактирование на компьютер специалиста, который выполнил команду “Взять на изменение”. Выполнение команды “Взять на изменение” по смыслу идентично выполнению команды “Создать версию”, но первая команда выполняется в процессе проектирования, а вторая выполняется с документом, который уже утвержден (сдан в архив).

При выполнении команды “Утвердить” система автоматически перемещает файл указанной версии из директории “У руководителя” в другую директорию сервера с возможностью установить другие права доступа. При снятии изделия с производства, но при необходимости сохранить документацию, ее перемещают “В хранилище” (команда “Сдать в хранилище”).

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 пред-

приятия. 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.

Сотрудникам СТД дается право логически связывать свою учетную документацию с КД и ТД, выводить КД и ТД на печать, проводить изменения документов.

В ряде случаев возникает задача создания электронного архива со сканера – например, когда нужно “избавиться” от архива старых чертежей путем их сканирования и записи в электронный архив. В этом случае присоединяемый к учетной карточке объекта (документа) файл представляет собой слайд с отсканированным чертежом.

В соответствии с ГОСТ 2.501-88, исходя из требований компактного хранения и облегчения ручного поиска, допускаются две схемы хранения подлинников на бумажных носителях:

- поформатно в порядке возрастания обозначений документов в пределах каждого формата и кода предприятия-разработчика ;
- по возрастанию обозначений документов в пределах изделия (проекта) без учета форматов.

Обе указанные схемы хранения не соответствуют структуре документации конструкторских и технологических проектов, указанной в спецификациях. Поэтому, помимо этих схем, SmarTeam позволяет организовать хранение документации в структуре КПр, то есть в той последовательности и составе, как они записаны в спецификациях проектов без упорядочения по форматам или обозначениям.

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

- если параллельно продолжается хранение бумажного подлинника, то его основную надпись можно считать удостоверяющим листом;
- если хранение бумажного подлинника считается нецелесообразным, то можно вырезать из него и хранить только основную надпись, считая ее удостоверяющим листом.

Создание электронного архива на базе PDM-системы обеспечивает совместную, согласованную работу над документами конструкторов, технологов и других специалистов предприятия в едином информационном пространстве ТПП (рис. 10.6). В результате достигается:

- ускорение процессов ТПП за счет параллельного выполнения работ и электронного обмена данными между специалистами;
- повышение качества и достоверности информации за счет взаимоконтроля участников процессов проектирования;
- накопление и сохранение информации в электронном виде, отсутствие ненужного дублирования информации.

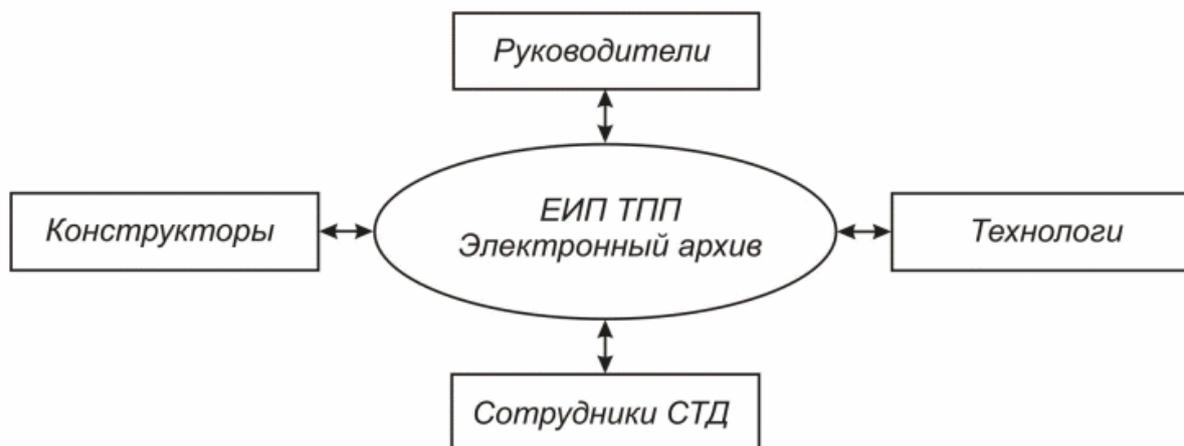


Рис. 10.6. Роль электронного архива в ТПП

Укрупненные бизнес-процессы ТПП, связанные с ведением конструкторских и технологических проектов, соответствуют UML-диаграммам, изображенным на рис.9.2 – 9.5. Как отмечалось выше (см. п. 9), реализация этих диаграмм в среде PDM-системы достигается использованием средств Workflow.

11. Оптимизация бизнес-процессов в среде виртуального предприятия

Важнейшей характеристикой современного производства является широкое использование кооперации, когда вокруг основных предприятий существует круг партнеров-субподрядчиков, поставляющих готовые детали и узлы изделия, сложную технологическую оснастку и т.д. При этом основные предприятия, передавая часть работ партнерам, увеличивают в производственных процессах долю сборки, которая относится к OEM-деятельности (Original Equipment Manufacturer – производитель комплексной продукции). Одной из наиболее эффективных форм кооперирования являются *виртуальные предприятия*.

Виртуальные предприятия. Применение термина “виртуальный” не только к объектам и процессам, но и к организационным производственным структурам обусловлено тем, что виртуальное предприятие не существует реально как юридическое лицо, но способно производить реальную продукцию. Кратко виртуальное предприятие определяется как кооперирование юридически независимых предприятий или частных лиц для обеспечения услуг (производства) на основе общего понимания бизнеса. Иначе говоря, виртуальные предприятия представляют собой группы людей, совместно занимающихся общим бизнесом, независимо от их фактического места работы и местонахождения, в том числе независимо от страны, где они находятся.

Более детально виртуальное предприятие определяется следующим образом [12]:

Виртуальное предприятие – это временная межпроизводственная кооперация ряда юридически независимых предприятий, которая:

- создается в короткий срок и поддерживается с помощью современных информационных технологий;
- путем интеграции возможностей участников разрабатывает и производит актуальную продукцию или услуги;
- обходится без новых юридических образований, которые заменяются гибкой координацией.

Техническими предпосылками появления виртуальных предприятий явились компьютеризация производства и информационная интеграция. Не

менее важными явились также и экономические предпосылки. Насыщение промышленного рынка товарами привело к тому, что в конкурентной борьбе выигрывает тот, кто успевал быстрее создавать и выпускать новые виды изделий, отвечающие постоянно возрастающим требованиям потребителя. Насущной необходимостью для каждого предприятия стало увеличение гибкости.

Гибкость – широкое понятие, под которым понимается способность предприятия приспосабливаться к изменяющимся условиям рынка. Компьютерные технологии проектирования и изготовления во многом увеличили гибкость предприятий. Совершенствовались и организационные формы.

В многочисленных мероприятиях, проводившихся в целях увеличения организационной гибкости предприятия, можно различить две тенденции:

- сегментация или расформирование крупных предприятий;
- кооперация малых и средних предприятий.

В случае сегментации больших предприятий организуются внутренние производственные сети, в которых участники независимы, но их объединение при этом сохраняется. Например, участники могут быть объединены друг с другом по схеме “заказчик – поставщик”. Сегментированные производственные единицы вступают в конкуренцию с внешними конкурентами (например, с малыми специализированными предприятиями), где они должны доказать свою состоятельность. Сегментированные единицы могут идти на различные формы кооперации для участия в производстве сложной продукции.

Кооперация малых и средних предприятий призвана использовать сильные стороны каждого из участников с тем, чтобы организовать выпуск новой конкурентоспособной продукции в минимальные сроки и получить тем самым преимущество на рынке. Партнерами по кооперации могут быть как самостоятельные предприятия, так и частично автономные производственные единицы. Эффективно организованная кооперация может составить серьезную конкуренцию даже крупным предприятиям с известным именем.

Развитие описанных выше тенденций (в совокупности с развитием информационных технологий) и привело к появлению организационных форм производства в виде виртуальных предприятий. Такие предприятия способны быстро реагировать на изменения рынка при предельно низких затратах с точки зрения традиционного бизнеса.

Так как виртуальные предприятия определяются не по признакам собственности, а по результатам их деятельности, то идентификационную функцию для них выполняют производимая продукция и услуги.

Как уже отмечалось выше, важнейшим свойством виртуального предприятия является высокая организационная гибкость. Это означает, что в виртуальном предприятии достигается быстрое соединение конкретных предприятий с определенной специализацией так, чтобы использовать текущие возможности рынка. Иными словами, виртуальное предприятие успевает вовремя произвести необходимое количество товаров или услуг и реализовать их на рынке при максимальном спросе на данный вид продукции.

Однако быстрое соединение участников виртуального предприятия в активную сеть не может произойти само по себе. Оно означает, что до этого поддерживался некоторый организационный и информационный “фундамент”, на базе которого и происходит то или иное соединение. Этот “фундамент” носит название межорганизационного потенциала отношений или информационно-управленческой среды. Он постоянно активизирует кооперации и гарантирует участникам виртуального предприятия определенные пакеты заказов, а, следовательно, обеспечивает их стабильное положение. Потенциал отношений не возникает сам по себе, а формируется за счет работы отдельных лиц или коллективов, прямо заинтересованных в функционировании виртуального предприятия.

Важность информационно-управленческой среды обусловлена тем, что в начальной фазе много времени уходит на поиск подходящих партнеров, построение межчеловеческих отношений, а также на развитие общего видения ситуации. Исследования показывают, что на подготовительную фазу кооперирования падает до 30% расходов, причем многие кооперации распадаются, так и не возникнув.

Идеальный тип виртуального предприятия возникает тогда, когда на базе созданной информационно-управленческой среды вновь и вновь формируются ориентированные на заказы, временно ограниченные активные сети (рис. 11.1). При этом число партнеров в информационно-управленческой среде может быть намного больше, чем в активной сети, что приводит к новым конфигурациям деятельности специалистов предприятий.

Более сильный потенциал виртуальных предприятий, по сравнению с обычными формами кооперации, заключается прежде всего в начальной фазе цикла выпуска новой продукции. Здесь не только обеспечивается малое подготовительное время для выхода на рынок, но и гарантируются сравнительно небольшие производственные затраты, как результат эффективного использования межпроизводственного потенциала отношений.

Создание виртуальных предприятий сегодня рассматривается как один из путей оптимизации промышленного производства.

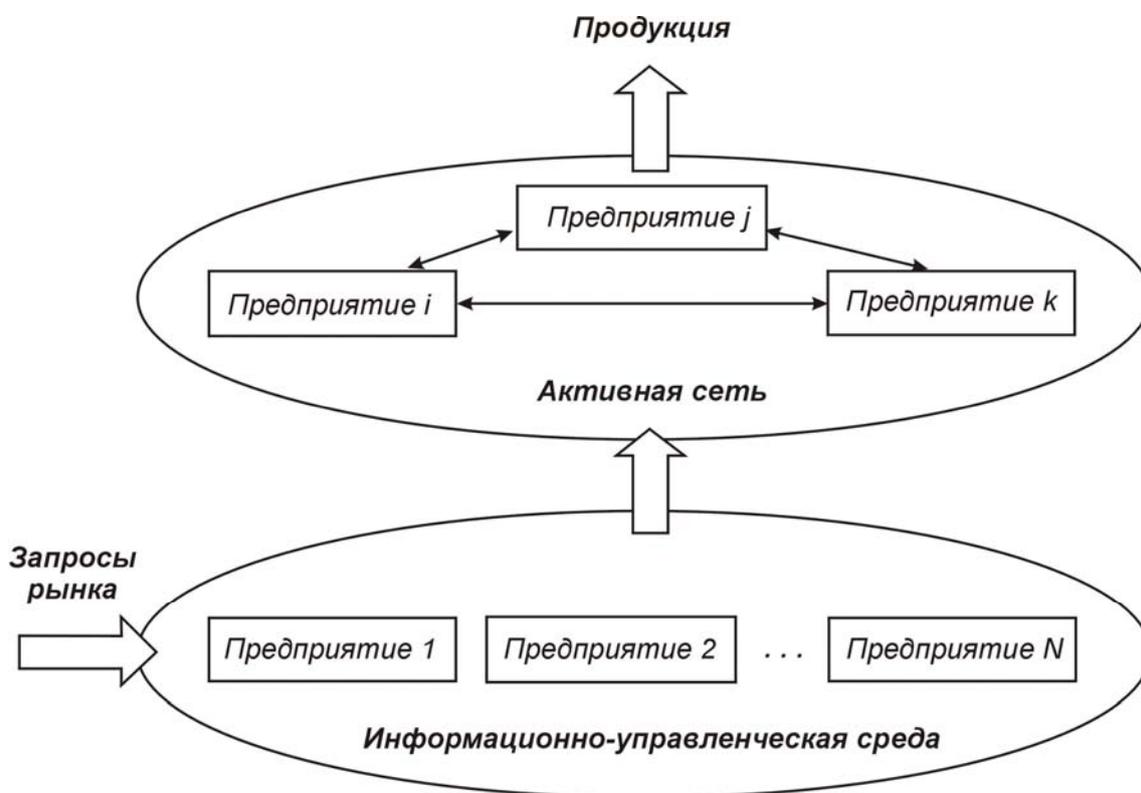


Рис. 11.1 Объединение в активные сети при создании виртуальных предприятий

Функционирование виртуальных предприятий в сфере ТПП. Как показывает анализ, в сфере ТПП предметом кооперации в подавляющем большинстве случаев является проектирование и изготовление нестандартного оборудования (НСО), оснастки и инструмента. Однако работы по проектированию и изготовлению НСО носит “нетиповой” характер и не позволяют малым предприятиям-субподрядчикам специализироваться в данной области. Напротив, такие работы как, например, проектирование и изготовление пресс-форм и штампов создают хорошую основу для специализации в силу их типового характера, достаточно высокого уровня сложности и большого числа заказов на данный вид работ.

В отечественном приборостроении и машиностроении такие малые предприятия возникли, как правило, на базе отдельных цехов крупных предприятий, которым была предоставлена экономическая самостоятельность. Эти предприятия в качестве субподрядчиков выполняют как заказы

“своего” предприятия, так и заказы других крупных и средних предприятий. Кроме того, заказы могут поступать от других малых предприятий, специализирующихся на выпуске относительно несложной продукции (например, сетевых фильтров, автомобильных радаров, систем охранной сигнализации, различных товаров народного потребления и др.).

При развитой кооперации между заказчиками и исполнителями неизбежно возникает необходимость организации их взаимодействия не только на уровне обмена геометрической информацией в электронном виде, но и на уровне совместного использования информации о выпускаемом продукте, его структуре, составе выполняемого проекта в целом. Это подразумевает реализацию на практике концепции CPC (Collaborative Product Commerce – совместная разработка и использование информации об изделии) в условиях отечественных промышленных предприятий. При этом необходима такая интегрированная система, которая обеспечит работу всех участников виртуального предприятия в едином информационном пространстве. Как было показано выше, такие возможности обеспечиваются PDM-системой, в частности, PDM-системой SmarTeam.

Совместная работа заказчика и исполнителя строится не только на основе доступа к общей информации, но и на основе использования специализированных программных средств. К таким средствам, в частности, относится система Cimatron E Concept (разработка компании Cimatron), предназначенная для приема и согласования заказа на проектирование формообразующей оснастки.

Cimatron E Concept позволяет принять заказ в виде модели изделия и при этом проанализировать размеры, оценить заложенные конструктором уклоны для извлечения детали из пресс-формы, выявить поднутрения и вертикальные поверхности, определить количество формообразующих движений оснастки и их направления. Система автоматически разделяет модель изделия на наборы формообразующих поверхностей (рис.11.2), а в режиме анимации производится согласованное перемещение отдельных частей будущей оснастки друг относительно друга. Результаты анализа могут быть сохранены и переданы через стандартный интерфейс конструктору оснастки для внесения изменений. Согласование изменений и конструктивных решений с внутренними или внешними заказчиками выполняется в реальном времени через Интернет. При этом во время сессии связи заказчик (конструктор изделия) может видеть на экране те же графические изображения изделия и формообразующих элементов, которые в данный момент присутствуют на экране конструктора оснастки.

Таким образом, система позволяет отработать изделие на технологичность, помогает определить реальные сроки и стоимости выполнения заказов. При этом сроки и затраты на проектирование и изготовление сложной оснастки значительно сокращаются.

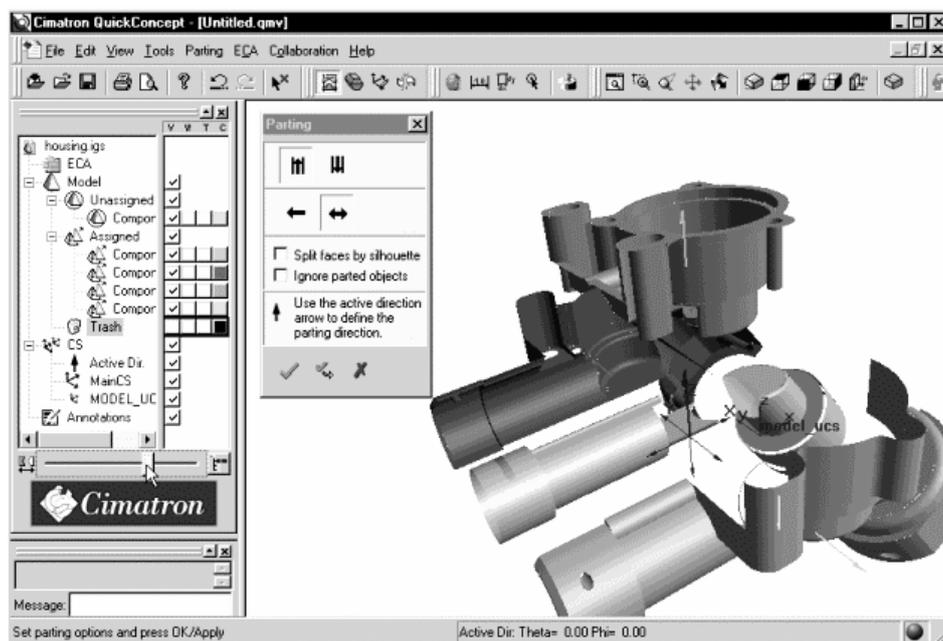


Рис. 11.2 Предварительный анализ оснастки в Cimatron E Concept

Упрощенная схема бизнес-процесса передачи и приема заказа на проектирование и изготовление оснастки приведена на рис. 11.3. Отметим, что бизнес-процессы не предварительного, а рабочего проектирования оснастки, выполняемые предприятием-субподрядчиком, рассматриваются как внутренние бизнес-процессы этого предприятия и не имеют связи с бизнес-процессами ТПП предприятия-заказчика.

Малые предприятия, специализирующиеся на проектировании и изготовлении оснастки, а также инструментальные цеха средних и крупных предприятий, принимающие заказы “со стороны” образуют конкурентную среду, так что OEM-предприятие может осуществлять выбор субподрядчика на основании того или иного критерия. Эта конкурентная среда предприятий может рассматриваться как информационно-управленческая среда виртуального предприятия, генерирующая активные сети для выполнения различных заказов.

Для рассматриваемых предприятий к функциям информационно-управленческой среды относятся:

- оперативное информирование участников о ходе работ, выполняемых в активных сетях, о возникающих проблемах и о результатах работ;
- внедрение единых базовых средств автоматизации (CAD/CAM-, CAE- и PDM-систем) на предприятиях, участвующих в создаваемых виртуальных структурах. Этим достигается сокращение времени и улучшение

качества выполнения заказов, повышение уровня взаимопонимания предприятий-участников;

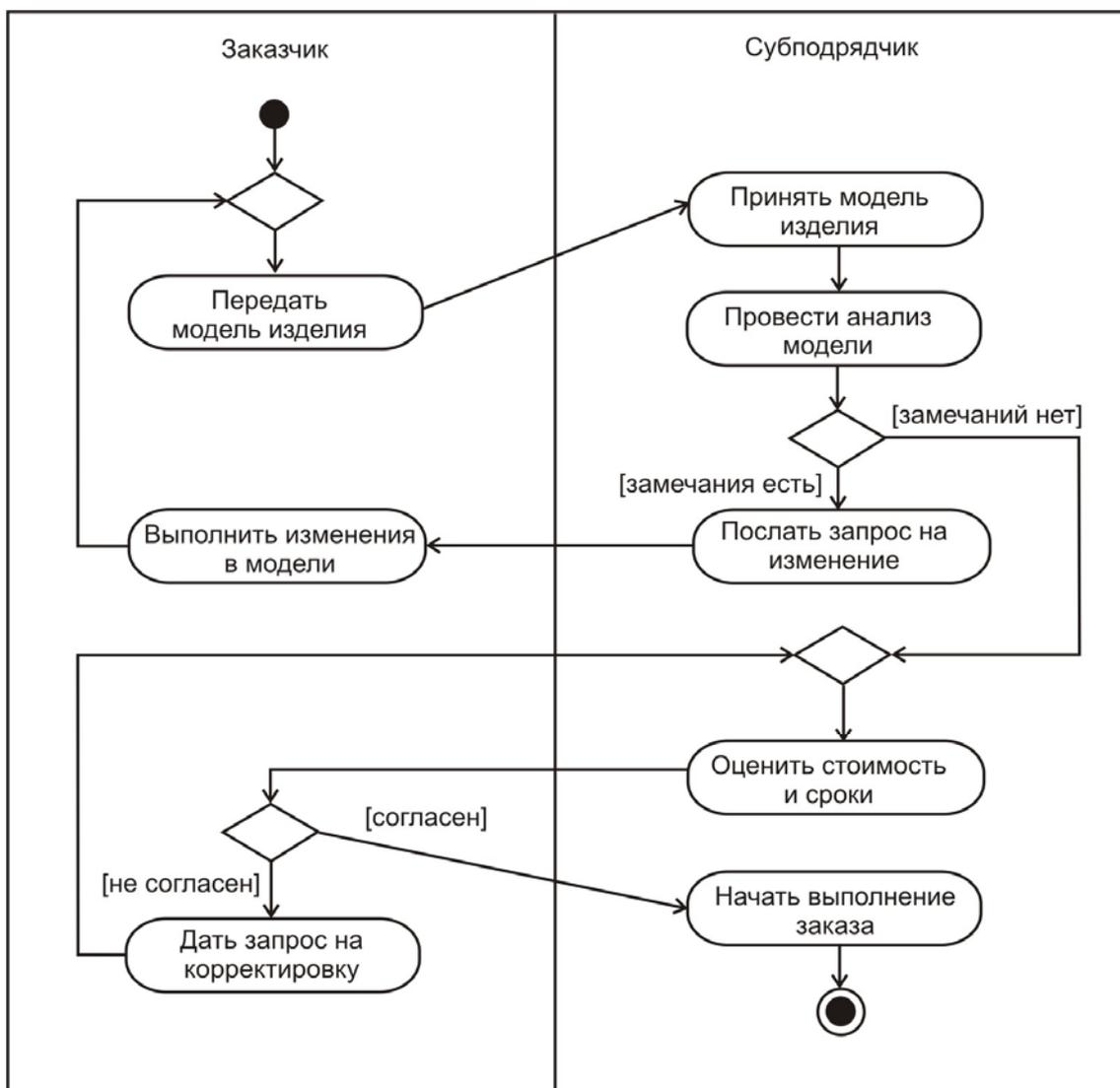


Рис. 11.3 Схема передачи и согласования заказа на проектирование и изготовление оснастки

- регулярное проведение семинаров для специалистов-участников виртуального предприятия с целью их ознакомления с новыми техническими решениями и для обмена опытом;
- размещение технической и презентационной информации в Интернет с целью поиска новых заказов и привлечения новых участников.

Учет поступающих заказов и контроль за ходом выполнения работ в виртуальном предприятии может быть, в частности, реализован на базе PDM SmarTeam. С помощью этой же системы можно решать такие задачи,

как накопление банка данных по ресурсам участников виртуального предприятия, подбор участников для объединения в активную сеть в соответствии с изложенным выше оптимизационным подходом, контроль уровня цен по всем видам услуг.

Управление заказами в среде виртуального предприятия. Для автоматизации процесса принятия решений при распределении заказа в среде виртуального предприятия необходимо прежде всего выбрать математическую модель процесса принятия решений. При этом следует учесть существующие на сегодня отличия отечественного производства от производства развитых стран запада. Эти отличия заключаются в значительном разбросе таких параметров, как время выполнения заказа и качество работ. Кроме того, часто велик риск не получить требуемый заказ от исполнителя в оговоренный срок. Поэтому только максимизация прибыли (или минимизация затрат) не может служить критерием для оптимизации.

Более корректно говорить о минимизации функции:

$$F(S, T, Q, R) \rightarrow \min,$$

где S - стоимость выполнения заказа, T - время выполнения заказа, Q - качество выполнения заказа, R - степень риска. В простейшем случае функция F может иметь вид:

$$F = AS * S + AT * T + AQ * Q + AR * R \rightarrow \min,$$

где AS, AT, AQ, AR - весовые коэффициенты.

При этом качество и риск можно характеризовать числом, например, в диапазоне от 1 до 10, где меньшие значения соответствуют более высокому качеству и меньшей величине риска.

Дальнейшую постановку задачи распределения заказа в среде виртуального предприятия можно свести к процедуре квазиоптимизации, которая использует в своей работе базы данных с характеристиками предприятий-исполнителей (участников виртуального предприятия) и описаниями видов работ, выполняемых виртуальным предприятием (рис. 11.4). Предприятие-исполнитель может характеризоваться конкретным набором производственных мощностей и степенью их текущей загрузки, предпочтениями в выполнении того или иного типа заказов, уровнем качества и стоимостями выполнения работ, и т.д. Описание видов работ необходимо для того, чтобы определить возможность выполнения конкретного заказа (например, данное виртуальное предприятие может не заниматься проектированием форм для литья из стекла и такой заказ будет тогда отвергнут).

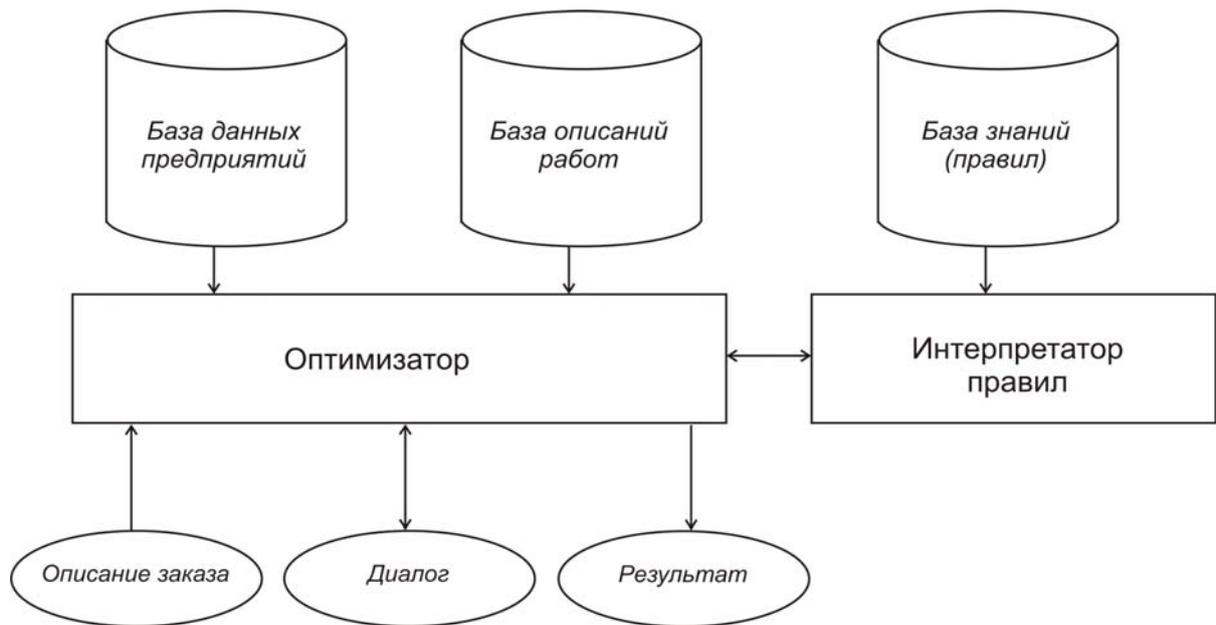


Рис. 11.4 Использование баз данных и знаний при оптимизации размещения заказа в виртуальном предприятии

Важнейшей составной частью базы данных предприятий является описание сети ресурсов, обеспечивающих выполнение различных заказов. Сеть ресурсов создается на основе анализа возможностей потенциальных участников виртуального предприятия. В качестве примера на рис. 11.5 показана часть результатов анализа возможностей 10 предприятий Санкт-Петербурга и ряда других городов, которые могут выполнять заказы по проектированию и изготовлению формообразующей оснастки, а также последующего изготовления изделий невысокой и средней сложности.

На рис. 10.5 двойной рамкой выделены этапы, которые выполняются на стадии ТПП и на основе которых создается сеть заказов для ТПП.

Проставленные на рис.11.5 номера в графах для этапов ПИ и КО соответствуют следующим видам работ:

ПИ: 1 – 3D моделирование изделия; 2 – разработка промышленного дизайна изделия; 3 – проведение инженерного анализа; 4 – создание натуральных образцов; 5 – обмер изделия-прототипа на координатно-измерительной машине.

КО: 1 – проектирование без средств компьютеризации; 2 – проектирование с применением САД- и САЕ-систем; 3 – проектирование с использованием баз нормализованных деталей.

Предприятие	Заказ	Этапы				Изделие
		ПИ	КО	ПТ	ИО	
1			1		+	
2	1		1			+
3	1,5			+		
4	1,3					
5			2,3			
6	2					
7				+	+	+
8	1		1			
9	1,4					
10			1	+	+	
11	1,5		1	+	+	+
12	1		1			

Рис. 11.5 Результаты анализа предприятий, которые могут выполнить заказы для заданного вида изделий (ПИ - проектирование изделия; КО - конструирование оснастки; ПТ - проектирование технологического процесса; ИО - изготовление оснастки; ИИ – изготовление изделия)

Заказы, содержащиеся в базе описаний работ (см. рис. 10.4) описываются их содержанием, степенью сложности, требуемыми сроками выполнения, ценовыми ограничениями. Принятие решений по распределению заказа выполняется оптимизатором как на основе принятых алгоритмов, так и с учетом “подсказок” в интерактивном режиме. Оптимизатор может использовать также базу знаний (правил), которые описывают в декларативном виде частные правила принятия решений при распределении заказа. Такой подход, реализующий принципы теории экспертных систем, дает много преимуществ при реализации программной системы – гибкость, независимость баз данных, наглядность и удобство корректировки знаний.

Применение многоагентных технологий для оптимизации бизнес-процессов ТПП. Многоагентные (мультиагентные) технологии могут применяться при совместном решении задач ТПП в среде виртуального предприятия, когда в открытой информационной среде существуют общедоступные описания рынка заказов и рынка услуг.

Многоагентные технологии (системы) являются подобластью распределенного искусственного интеллекта (РИИ), центральной идеей которого является кооперативное взаимодействие распределенных интеллектуальных систем [9]. РИИ базируется на классических основах ИИ с учетом использования новых методов обработки распределенных данных и знаний, а также методов децентрализованного управления.

Под агентом понимается объект, существующий в среде, где он может выполнять определенные действия, который способен к восприятию части среды, может общаться с другими агентами и обладает автономным поведением, являющимся следствием его наблюдений, знаний и взаимодействий с другими агентами. В качестве агента может выступать человек, программная подсистема или модуль. В зависимости от уровня собственной сложности, агент может заниматься обработкой принимаемых сообщений и посылкой сообщений другим агентам, целеполаганием и планированием действий, согласованием действий с другими агентами.

При реализации агентов в виде программных модулей PDM-системы, инициализация их работы может происходить:

- В результате некоторого “внешнего” события, например, поступления заказа на выполнение работы по проектированию изделия;
- Через заданные интервалы времени;
- При поступлении сообщений от других агентов.

Агент характеризуется схемой и методом. Схема указывает совокупность имен существенных признаков – идентификатор агента, класс агента, входные и выходные атрибуты и др. Метод определяет поведение агента и алгоритм преобразования входных атрибутов в выходные.

Рассмотрим принципы построения многоагентной системы (МАС), позволяющей решать задачи ТПП в условиях кооперации на основе децентрализованного управления и обеспечивающей более высокий уровень автоматизации по сравнению с экспертной системой, представленной выше на рис. 11.4.

Прежде всего необходимо определить структуру и содержание открытой информационной среды (ОИС), в которой должны функционировать агенты. Эта среда образована компьютерной сетью, распределенной по предприятиям – потенциальным участникам кооперации. Каждое предприятие поддерживает в ОИС раздел, в котором указаны (рис. 11.6):

- Виды работ, которые данное предприятие готово выполнять в качестве субподрядчика, с указанием цен по каждому виду работ;
- Производственные ресурсы, которые предприятие выделяет для выполнения работ по кооперации;

- Текущая загрузка и план загрузки указанных производственных ресурсов.

Открытая информационная среда

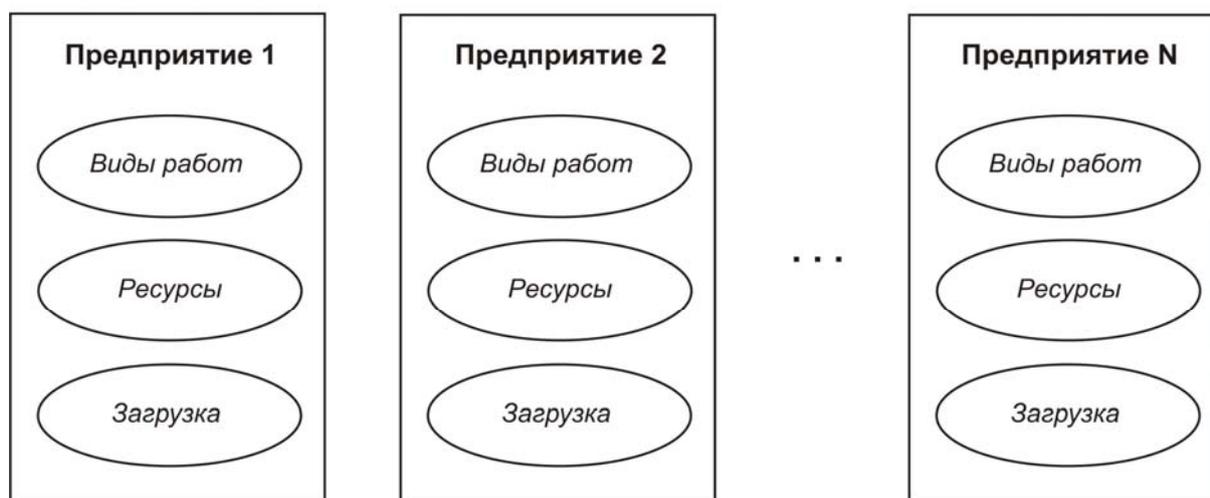


Рис. 11.6 Информация, размещаемая предприятиями – участниками кооперации в ОИС

К видам работ, выполняемых на условиях субподряда, в сфере ТПП могут относиться проектирование и изготовление определенных видов НСО и СТО (например, пресс-форм для инъекционного литья с ограничениями по габаритам и степени сложности), проектирование различных видов ТП, выполнение определенных технологических операций (например, операций прожига на электроэрозионном станке). Анализ видов работ позволяет определить, может ли данное предприятие в принципе выполнить имеющийся заказ. Информация по видам работ должна включать также ориентировочные стоимости их выполнения.

К производственным ресурсам относится используемое технологическое оборудование, оснастка и инструмент. Информация о ресурсах позволяет более детально проанализировать возможности предприятия по выполнению заказа. Например, в списке видов работ предприятия может присутствовать изготовление пресс-форм, но если нужна пресс-форма требует выполнения операции прожига, а на предприятии отсутствует электроэрозионный станок, то данное предприятие может быть исполнителем только в том случае, если оно для выполнения заказа само вступит в кооперацию с другим предприятием, которое обеспечит выполнение дан-

ной операции. Это делает кооперацию заказчика с данным предприятием менее предпочтительной.

Информация о загрузке оборудования также позволяет более детально оценить возможности предприятия по выполнению имеющегося заказа. Если требуемое оборудование в ближайшее время полностью загружено, то это приводит к более длительным срокам выполнения заказа, что может оказаться неприемлемым.

Определим в рассматриваемой МАС четыре класса программных агентов: **A**, **B**, **C** и **D**.

Функцией агента класса **A** является поиск в ОИС множества W предприятий $\{ \Pi_i \}$, виды выполняемых работ которых $\{ BP(\Pi_i) \}$ включают возможность выполнения данного заказа Z :

$$W = \{ \Pi_i \}, \quad i: Z \subset \{ BP(\Pi_i) \} \quad (11.1)$$

Функцией агента класса **B** является:

- прием от агента класса **A** данных, содержащих информацию о заказе Z и идентификатор одного из предприятий $ID(\Pi_M)$, удовлетворяющего условию (11.1);
- анализ ресурсов и загрузки мощностей предприятия Π_M с точки зрения эффективности выполнения заказа Z ;
- присвоение предприятию Π_M некоторого рейтинга R_M , характеризующего эффективность выполнения заказа Z .

Рейтинг R_M , в частности, может быть определен по формуле:

$$R_M = AS/S + AT/T, \quad (11.2)$$

где: S – стоимость выполнения заказа Z ;

T – время выполнения заказа Z ;

AS и AT – весовые коэффициенты.

Для уточнения стоимостей и сроков возможно использование агентом класса **B** интерактивного режима работы в ОИС с соответствующими представителями предприятия – субподрядчика. При этом данное предприятие использует для оценки заказа всю имеющуюся по нему в ОИС информацию.

Функцией агента класса **C** является:

- прием от агентов класса **B** рейтингов $\{ R_j \}$ предприятий, удовлетворяющих условию (11.1);
- анализ рейтингов $\{ R_j \}$ и выбор исполнителя Π^* для заказа Z на основании некоторого критерия оптимизации (в простейшем случае выбор предприятия с максимальным значением рейтинга);

- передача данных о предполагаемом исполнителе Π^* предприятию-заказчику.

Функцией агента класса **D** является формирование для предприятия - заказчика “сводной ведомости”, содержащей информацию по всем субподрядчикам, определенным для выполнения работ по ТПП данного изделия. При этом заказ Z рассматривается как элемент некоторого общего пакета заказов Z на выполнение субподрядных работ по ТПП данного изделия ($Z = Z_j$).

С учетом рассмотренных выше характеристик ОИС и программных агентов, схема функционирования МАС будет выглядеть следующим образом.

1. После того, как на предприятии, осуществляющем OEM-деятельность по данному изделию, сформировался план ТПП и определился пакет заказов $\{ Z_j ; j = 1, 2, \dots, M \}$ для субподрядчиков, этот факт фиксируется в PDM-системе как некоторое событие S_1 , переводящее агентов класса **A** в активное состояние.
2. Событие S_1 приводит к инициализации работы группы агентов $\{ A_j ; j=1, 2, \dots, M \}$, то есть каждый заказ Z_j обрабатывается своим агентом A_j . Каждый агент, на основании анализа видов выполняемых предприятиями работ $\{ BP (\Pi_i) \}$, определяет множество возможных предприятий – субподрядчиков $\{ \Pi_k ; k = 1, 2, \dots, L \}$ в соответствии с условием (11.1). Завершение работы агента A_j фиксируется в PDM-системе как некоторое событие S_2^j , переводящее в активное состояние агентов класса **B**.
3. Событие S_2^j приводит к инициализации работы группы агентов $\{ B_k^j ; k = 1, 2, \dots, L \}$, то есть каждый агент B_k^j обрабатывает информацию по одному из возможных предприятий – субподрядчиков Π_k для выполнения заказа Z_j . Обработка заключается в анализе производственных ресурсов данного предприятия и степени их загрузки. В результате проведенного анализа предприятию Π_k присваивается некоторый рейтинг R_k^j .
4. После того, как все агенты $\{ B_k^j ; k = 1, 2, \dots, L \}$ завершили работу по анализу возможностей предприятий – субподрядчиков $\{ \Pi_k \}$ для выполнения заказа Z_j , в PDM-системе фиксируется событие S_3^j , переводящее в активное состояние агентов класса **C**. В результате иницируется работа агента C_j , который проводит анализ рейтингов $\{ R_k^j \}$ и выбор исполнителя Π_j^* для заказа Z_j на основании некоторого критерия оптимизации.
5. По завершении работы всех агентов класса **C** в PDM-системе фиксируется событие S_4 , по которому иницируется работа агента класса **D**. Этот агент формирует для предприятия - заказчика “сводную ведомость”.

мость”, содержащую информацию по всем субподрядчикам, определенным для выполнения работ по ТПП данного изделия.

Схема взаимодействия программных агентов в рассматриваемой МАС представлена на рис. 11.7.

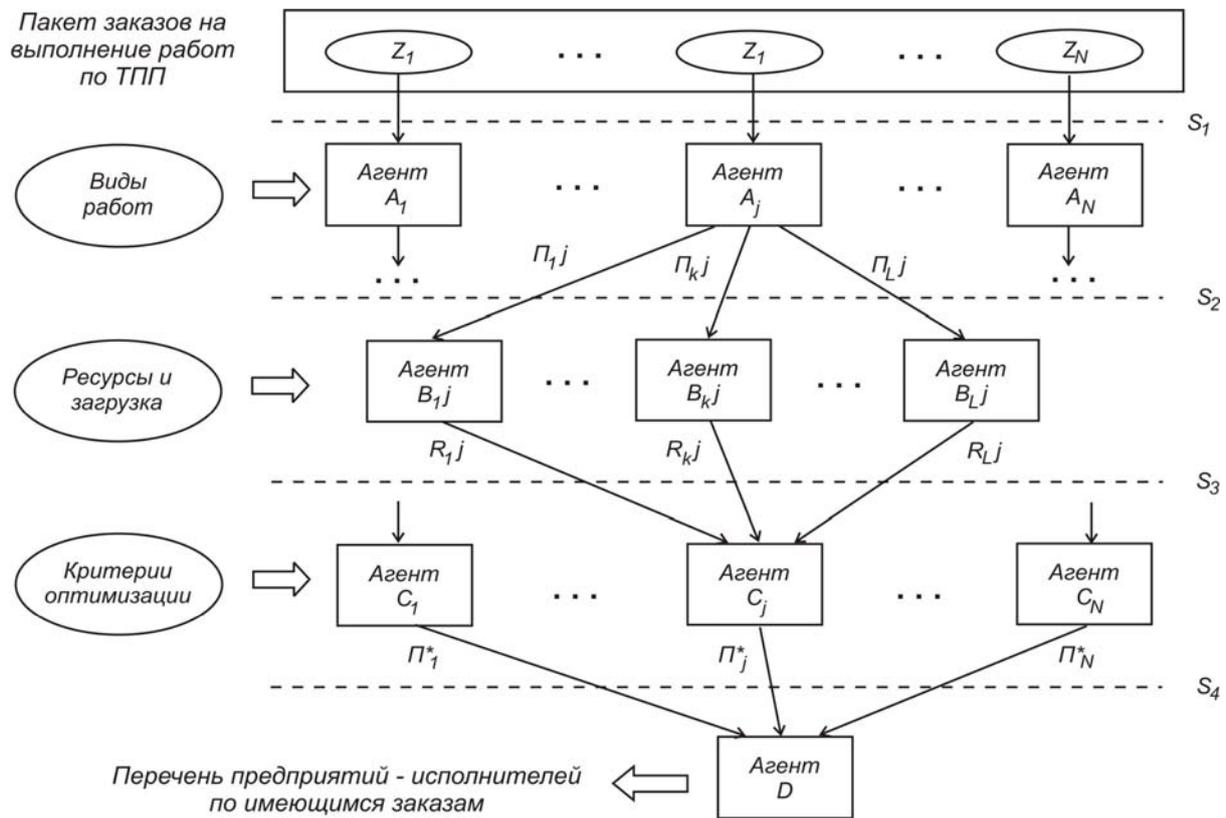


Рис. 11.7 Схема взаимодействия агентов при решении задачи размещения заказов на выполнение работ по ТПП в ОИС

Преимущества рассмотренного подхода, использующего методы многоагентных технологий, состоят в большей гибкости системы и ускорении ее работы за счет параллельного решения задач программами - агентами. Однако, реализация рассмотренной выше многоагентной системы предъявляет значительно более высокие требования к уровню организации открытого информационного пространства для предприятий, участвующих в совместном решении задач ТПП.

Библиографический список

1. Митрофанов С.П., Куликов Д.Д., Миляев О.Н., Падун Б.С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. / Под общ. ред. С.П. Митрофанова. Л: Машиностроение, 1987. – 352 с.
2. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
3. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии // М.: Финансы и статистика, 1997. – 336 с.
4. Марка Д., Мак-Гоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования: Пер. с англ. – М.: “Метатехнология”, 1993. – 240 с.
5. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 432 с.
6. Леоненков А.В. Самоучитель UML. СПб: ВHV-Петербург, 2002.– 304 с.
7. Леоненков А.В. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с использованием UML и IBM Rational Rose. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 320 с.
8. Инструментарий ARIS: методы. М.: Весть-метатехнология, 2000.–206 с.
9. Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. – 376 с.
10. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. СПб: “Политехника”, 2004. – 152 с.
11. Яблочников Е.И. Методологические основы построения АСТПП / СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 84 с.
12. G. Schuh, K. Millarg, A. Goransson. Virtuelle Fabrik: neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke. Munchen, Wien: Carl Hanser Verlag, 1998.
13. Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger. Product Design and Development. Irwin McGraw-Hill, 2000.

Список используемых сокращений

API – Application Program Interface
CAD – Computer Aided Design
CAE – Computer Aided Engineering
CAM – Computer Aided Manufacturing
CAL S – Continuous Acquisition and Life-cycle Support
CPC – Collaborative Product Commerce
CRM – Customer Relationship Management
ERP – Enterprise Resource Planning
IDEF – Integrated computer aided manufacturing DEFinition
MRP – Material Resource Planning
MRP II – Manufacturing Resource Planning
OEM – Original Equipment Manufacturer
PDM – Product Data Management
PLM – Product Lifecycle Management
RUP – Rational Unified Process
SADT – Structured Analysis Design Technique
SCM – Supply Chain Management
UML – Unified Modeling Language
АСТПП – Автоматизированная система ТПП
АРМ – Автоматизированное рабочее место
ЕИП – Единое информационное пространство
ЕСКД – Единая система конструкторской документации
ЖЦИ – Жизненный цикл изделия
ИПИ – Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий
ИСП – Информационная система поддержки новых бизнес-процессов
КД – Конструкторская документация
КП – Конструкторское проектирование
КПр – Конструкторский проект
КТПр – Конструкторско-технологический проект
НСО – Нестандартное оборудование
САПР – Система автоматизированного проектирования
СТД – Служба технической документации
СТО – Средства технологического оснащения
ТД – Технологическая документация
ТП – Технологический процесс
ТПП – Технологическая подготовка производства
ТПр – Технологический проект

Оглавление

1. Общие принципы проведения реинжиниринга.....	3
2. Бизнес-процессы проектирования новых изделий	13
3. Оптимизация бизнес-процессов на этапе планирования	25
4. Построение бизнес-процессов, обеспечивающих минимизацию стоимости изготовления изделия.....	34
5. Визуальное и имитационное моделирование бизнес-процессов	47
6. Информационные системы поддержки новых бизнес-процессов	67
7. Графический язык визуального моделирования UML	80
8. Построение статической объектно-ориентированной модели предметной области.....	96
9. Переход от моделей бизнес-процессов к моделям потоков производственных заданий	106
10. Ведение конструкторских и технологических проектов в среде PDM- системы.....	118
11. Оптимизация бизнес-процессов в среде виртуального предприятия..	131
Библиографический список.....	146
Список используемых сокращений	147

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Кафедра технологии приборостроения относится к числу ведущих кафедр института со дня его основания в 1931 году. Тогда она называлась кафедрой механической технологии и возглавлялась известным ученым в области разработки инструмента профессором А.П. Знаменским. Позже она была переименована в кафедру технологии приборостроения.

За время своего существования кафедра выпустила из стен института более тысячи квалифицированных инженеров, более сотни кандидатов и докторов наук. В разные годы ее возглавляли известные ученые и педагоги профессора Николай Павлович Соболев и Сергей Петрович Митрофанов.

Кафедра имеет выдающиеся научные достижения. Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, профессором С.П. Митрофановым были разработаны научные основы группового производства, за что он был удостоен Ленинской премии СССР. Методы группового производства с успехом применяются в промышленности и постоянно развиваются его учениками. Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, Заслуженным изобретателем СССР Юрием Григорьевичем Шнейдером разработаны метод и инструментарий нанесения регулярного микрорельефа на функциональной поверхности.

В настоящее время кафедра осуществляет выпуск специалистов по специальностям "Технология приборостроения" (инженер-технолог, инженер-технолог-менеджер, инженер-технолог по искусственному интеллекту в приборостроении) и "Системы автоматизированного проектирования" (инженер-системотехник). На кафедре ведется подготовка бакалавров, магистров, инженеров и аспирантов по названным специализациям силами семи профессоров и девяти доцентов.

Евгений Иванович Яблочников
Виктор Иосифович Молочник
Юлия Николаевна Фомина

Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства

Учебное пособие

В авторской редакции

Зав. редакционно-издательским отделом

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати . .2008

Отпечатано на ризографе

Тираж 100

Н.Ф. Гусарова

Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного
университета информационных
технологий, механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

