

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Владимирский государственный университет

В.П. КРЫЛОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА  
И СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА  
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*Учебное пособие*

Владимир 2007

УДК 621.396  
ББК 32.844  
К85

Рецензенты:  
Доктор технических наук, профессор кафедры  
"Технология приборостроения"  
Московского авиационного института  
*А.М. Медведев*

Доктор технических наук, профессор зав. кафедрой  
"Прибостроение и информационно-измерительные технологии"  
Владимирского государственного университета  
*Л.М. Самсонов*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Владимирского государственного университета

**Крылов, В. П.**

К85      Технологическая подготовка и сопровождение производства  
электронных средств : учеб. пособие / В.П. Крылов ; Владим. гос.  
ун-т. — Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. — 88 с.  
ISBN 5-89368-705-1

В основу учебного пособия положен одноименный раздел курсов "Технология радиоэлектронных средств" и "Технология электронно-вычислительных средств", читаемых автором для студентов Владимирского государственного университета (ВлГУ), обучающихся по специальностям инженерной подготовки 210201 — проектирование и технология радиоэлектронных средств и 210202 — проектирование и технология электронно-вычислительных средств. Содержит также методические указания и рекомендации по выполнению курсового проекта.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения и может быть использовано в системе повышения квалификации инженерно-технических работников радиоэлектронной промышленности.

Ил. 6. Библиогр.: 12 назв.

УДК 621.396  
ББК 32.844

ISBN 5-89368-705-1

©Владимирский государственный  
университет, 2007

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое вниманию читателя учебное пособие не претендует на детальное изложение всех вопросов, связанных с подготовкой и сопровождением производства электронных средств. Конспективное изложение материала раздела предполагает прослушивание "живых" лекций и посещение (при необходимости) консультаций с целью ознакомления с дополнительными материалами, выяснения непонятных вопросов, а также предварительной сдачи материала данного раздела преподавателю в режиме экзамена.

Ситуацию с информационным обеспечением курса можно охарактеризовать как "информационный голод в условиях изобилия информации". По каналам ИНТЕРНЕТа и рассылаемой на предприятия рекламе многочисленных отечественных и зарубежных фирм, с прилавков книжных магазинов и страниц богато иллюстрированных журналов на конструктора-технолога буквально обрушивается мощный информационный поток привлекающих внимание красочным оформлением сведений о поставляемых материалах, технологиях, оборудовании и комплектующих изделиях. Проблему "информационного голода в условиях изобилия информации" призвано в какой-то степени решить данное пособие, выполняющее функцию навигатора в информационном пространстве.

В ИНТЕРНЕТе, на серверах ВлГУ, в локальной вычислительной сети и лаборатории 328-3 кафедры "Конструирование и технология радиоэлектронных средств" (КТ РЭС) читателю доступны:

- электронные версии учебных пособий и нормативные материалы;
- журналы "Производство электроники", "Технологии в электронной промышленности", "Компоненты и технологии", "Электронные компоненты" и др.;
- рекламные материалы отечественных и зарубежных фирм, примеры технологической документации.

## ВВЕДЕНИЕ

Особенность изучаемого предмета, в отличие от классических дисциплин типа физики и математики, заключается в том, что учебники и учебные пособия по курсу [2, 7, 8, 10, 11], призванные выступать в качестве навигатора в океане информации, стремительно устаревают, переводы зарубежных учебников [6, 12] выходят с большим опозданием, электронные версии учебных материалов факультетов дистанционного обучения, как правило, платные и доступны не всем, а если и доступны, то качество их порой оставляет желать лучшего.

Предлагаемое вниманию читателя учебное пособие является составной частью пятого модуля учебно-методического комплекса, разработанного кафедрой КТ РЭС [4, с. 7] для завершающего курса технологического цикла дисциплин конструкторско-технологической подготовки, и посвящено вопросам технологической подготовки и инженерного сопровождения производства электронных средств (ЭС). Пятый модуль в отличие от предыдущих модулей (разделов) изучают в 9-м семестре на пятом курсе студенты инженерных направлений подготовки. Предыдущие четыре модуля (раздела) изучаются в рамках совмещенной бакалаврской и инженерной подготовки на четвертом курсе в 8-м семестре (см. [4, с. 7–9]).

В учебном пособии рассматриваются состояние и перспективы технологии ЭС, связанные с развитием контрактного производства, информационной поддержкой жизненного цикла изделия, управлением знаниями инженерного корпуса, формированием единого информационного пространства, а также с другими элементами высоких технологий (High Technology) производства ЭС.

В **лабораторном практикуме** в рамках данного раздела курса студентам предлагается выполнить две лабораторные работы:

– функционально-параметрический контроль логических интегральных микросхем (3 лабораторных занятия в составе бригады или индивидуально) [1];

– автоматизированная технологическая подготовка производства печатной платы (одно лабораторное занятие с индивидуальным заданием) [5, с. 55–60].

Программное обеспечение для выполнения перечисленных лабораторных работ и электронные версии методических указаний можно получить в лаборатории 328-3 или на сервере компьютерного класса 330-3 кафедры КТ РЭС в разделе "Учебные материалы / Крылов".

В главах пособия читатель также найдет информацию, необходимую для содержательной работы над курсовым проектом. Предлагаемый вариант компоновки глав пособия ориентирован в определенном смысле на сопровождение курсового проектирования, в ходе которого будущие технологи должны получить столь необходимые навыки практической работы.

Некоторым студентам в процессе изучения пятого раздела курса в рамках УИРС (нетиповых курсовых проектов и исследовательских дипломных работ) предлагается совместная работа по систематизации больших объемов постоянно обновляющейся и порой противоречивой информации о состоянии и тенденциях развития производства электроники в России, которое стремительно интегрируется в мировое разделение труда в области разработок и производства электронных средств. По желанию студента на весь цикл лабораторных работ и курсового проектирования ему может быть выдано индивидуальное задание поискового (исследовательского) характера, связанное либо с трудовой деятельностью студента или его интересами, либо с потребностями предприятия, направившего студента на обучение.

В **приложении А** приведены методические указания и рекомендации по выполнению и оформлению типового курсового проекта по дисциплине.

Первая часть названия темы типового курсового проекта ("Технологическая подготовка производства") частично повторяет название раздела, а вторая часть, содержащая наименование конкретного электронного средства, подчеркивает индивидуальный характер задания.

**Приложение Б** представляет собой глоссарий терминов, относящихся к современному производству ЭС.

## Глава 1

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (СТПП)

### 1.1. Инженеры в производстве электронных средств

Российские предприятия интенсивно ищут пути выхода из кризиса отечественной электронной промышленности. Интеграция в мировой процесс разработки и изготовления электронных средств создала новую ситуацию, требующую новых решений. К ним можно отнести появление небольших самостоятельных предприятий или филиалов, специализирующихся по технологическому принципу контрактного производства. Например, предприятия по изготовлению печатных плат, сборочные предприятия и т. п.

Наряду с указанными предприятиями появляются средние предприятия, способные разрабатывать и изготавливать сложную наукоемкую продукцию в относительно небольших объемах. Они представляют собой комплекс, состоящий из достаточно мощных НИИ или КБ, тесно связанных с конкретным производством (производствами).

В целом для отечественной промышленности электронных средств характерны сочетание центробежных и центростремительных процессов — распад предприятий-гигантов и в то же время образование временных альянсов малых и средних предприятий в виде концернов и холдингов.

Подготовка и сопровождение производства электронных средств ввиду их специфики (большая номенклатура комплектующих, наукоемкость и т. д.) занимают недопустимо много времени, что соизмеримо с периодом морального старения идей, заложенных в конструкции. Эти виды деятельности являются исключительной прерогативой инженеров — конструкторов и технологов. Отсюда становится понятным, почему роль инженеров в производстве электронных средств усиливается. Следовательно, возрастают требования к квалификации и уровню образования технических специалистов.

## 1.2. Стереопредставление СТПП

*Технологическая подготовка производства (ТПП)* — комплекс взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия или предприятий к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах.

Ситуация на российских, в том числе и владимирских предприятиях, такова, что длительность этого "мегапроцесса" составляет от 12 месяцев и выше в зависимости от сложности осваиваемых изделий и объема выпуска. Это существенно больше мирового уровня и недопустимо. Долгое время в условиях "плановой" экономики этому обстоятельству не уделялось должного внимания за исключением общегосударственных проектов типа создания ракетно-ядерного оружия или престижных космических программ. В учебном процессе, типовых программах подготовки технологов больше внимания уделялось конкретным технологическим процессам, а не общим вопросам подготовки и сопровождения производства. По умолчанию считалось, что необходимые знания выпускник вуза получит на предприятии от старшего поколения через среднее в процессе практической работы, наставничества и т. д. Перестройка и конверсия свели к минимуму производственные практики, "изъяли" среднее поколение с наших предприятий и прервали столь необходимую связь поколений. Поэтому сегодня педагогическая наука интенсивно разрабатывает способы устранения перечисленных негативных последствий.

В данной работе для формирования образа (объемного или стереопредставления) ТПП предлагается рассмотреть ее с разных точек зрения, а именно с позиции:

- стандартов Единой системы технологической подготовки производства (гл. 1 — 5), в которой используются в качестве базовых понятия основных функций СТПП и их взаимодействие;

- последовательности основных стадий и видов работ во времени, особо выделяя начальный этап, так называемую первичную ТПП (гл. 6, 8);

- системы стандартов "Разработка и постановка продукции на про-

изводство" в ходе взаимодействия разработчика и изготовителя ЭС при постановке "покупных" разработок на производство (гл. 7).

### 1.3. Основные функции СТПП

С точки зрения стандартов ЕСТПП (см. ГОСТ 14.004-83) технологическая подготовка производства включает решение задач по следующим направлениям, именуемым основными функциями СТПП:

- 1) обеспечение технологичности конструкции изделия;
- 2) проектирование технологических процессов;
- 3) проектирование и изготовление средств технологического оснащения;
- 4) организация и управление процессом ТПП.

По запросу "ГОСТ 14.", введенному на INTERNET-странице <http://www.gost.ru/wps/portal/pages.CatalogOfStandarts> сайта Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, можно получить полный перечень ныне действующих стандартов ЕСТПП. Этот перечень включает всего пять стандартов и существенно сокращен по сравнению с первоначальной редакцией системы стандартов ЕСТПП, которая содержала более 40 стандартов, объединенных в пять групп (номер группы — первая цифра после точки в номере стандарта). Нумерация групп была привязана к перечисленным выше основным функциям, что позволяло легко ориентироваться в системе в целом.

По первоначальному замыслу ЕСТПП должна была существенно ускорить ТПП, однако этого почему-то не произошло. Сборник стандартов ЕСТПП в отличие от ЕСТД и ЕСКД не стал настольной книгой инженера-технолога. Тем не менее ознакомиться с ЕСТПП необходимо, причем обязательно критически, для того, чтобы создать свою оригинальную СТПП. При этом следует к этому вопросу относиться творчески, но не пренебрегать имеющимся опытом, который, как в слегка кривом зеркале, отражен в стандартах ЕСТПП. Попутно можно разобраться, почему ЕСТПП не оправдала в полном объеме надежд своих создателей.

## Глава 2

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

## 2.1. Определение и методы оценки технологичности

*Технологичность конструкций ЭС* – совокупность свойств конструкции, проявляющихся при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте, по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Эти условия определяются специализацией и организацией производства, применяемыми технологическими процессами и годовой программой. Если, например, на предприятии появляется новое технологическое оборудование и, как следствие, новые технологические процессы, то меняются и взгляды на технологичность конструкций изделий.

Оценка технологичности может быть качественной и количественной, абсолютной и относительной. По области проявления технологичность может быть производственной и эксплуатационной.

Стандартная (государственная и отраслевая) методика получения количественной оценки производственной технологичности  $K$ , которую, кстати, минимум дважды предлагается считать в курсовом проекте, основана на использовании аддитивной свертки с нормированными весовыми коэффициентами. В ходе суммирования безразмерные и однонаправленные, а также приведенные к интервалу  $0 \dots 1$ , частные показатели  $K_i$  умножаются на весовые коэффициенты  $\Phi_i$  в соответствии с соотношением

$$K = \frac{\sum_{i=1}^s K_i \Phi_i}{\sum_{i=1}^s \Phi_i},$$

где  $s$  — общее количество частных показателей. Безразмерными частные показатели становятся после математических операций типа  $\frac{a}{b}$  или

$1 - \frac{a}{b}$  для обеспечения однонаправленности. В этих выражениях  $a \leq b$ . Эта формула позволяет сопоставить оценки (свертки) независимо от количества частных показателей  $s$  в случае добавления дополнительных показателей  $K_i$ . Она дает значения  $K$  также в интервале  $0 \dots 1$ , причем чем больше значение  $K$ , тем выше технологичность. Это обстоятельство потенциально позволяет дать абсолютную оценку технологичности, которую можно сравнить с некими нормативами технологичности. Вопрос лишь в том, как установить эти самые нормативы.

Весовые коэффициенты  $\Phi_i$  рассчитывают по формуле

$$\Phi_i = \frac{i}{2^{i-1}},$$

где  $i$  — порядковый номер показателя в ранжированной последовательности. В части выбора набора частных показателей и ранжирования их последовательности ЕСТПП предлагает воспользоваться рекомендациями отраслевых нормативных материалов (ОСТ.107.15.2011-86, для изделий с электромонтажом — РД.107.7.3001-86, для механических изделий — РД.107.7.3002-86, для деталей — РД.107.7.3003-86) в части оценки технологичности конструкций сборочных единиц и деталей. При выполнении курсового проекта можно воспользоваться выдержками из перечисленных нормативных документов, приведенными в учебном пособии [7, табл. 4–7].

Например, такой частный показатель технологичности сборки, как коэффициент использования микросхем и микросборок рекомендуется считать по формуле

$$K_{\text{исп. мс}} = \frac{H_{\text{мс}}}{H_{\text{мс}} + H_{\text{эрэ}}},$$

где  $H_{\text{мс}}$  — общее количество микросхем и микросборок в изделии, шт., а  $H_{\text{эрэ}}$  — общее количество электрорадиоэлементов (ЭРЭ), шт., включая микросхемы и микросборки.

Для расчета коэффициента автоматизации и механизации подготовки электрорадиоэлементов к монтажу здравый смысл и норматив-

ные документы советуют использовать другой тип расчетной формулы

$$K_{\text{м. п. эрэ}} = \frac{H_{\text{м. п. эрэ}}}{H_{\text{эрэ}}},$$

где  $H_{\text{м. п. эрэ}}$  — количество электрорадиоэлементов, шт., подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным или автоматизированным способом, т. е. имеются оборудование и оснащение для выполнения этих операций. В число таких ЭРЭ включаются ЭРЭ, не требующие специальной подготовки к монтажу (реле, разъемы и т. п.).

В дополнение к изложенной в учебном пособии [7, табл. 9–10] отраслевой методике расчета технологичности деталей и сборочных единиц следует предостеречь от использования приведенных в указанных таблицах так называемых нормативов комплексных показателей технологичности. Поскольку они определены для электронных средств более чем 30-летней давности, технологу как бы предлагается идти вперед, глядя далеко назад. Согласитесь, ни к чему хорошему это не приведет. А вот для сравнительной характеристики предложенных в ходе курсового проекта вариантов (до и после отработки на технологичность) изложенная в [7] методика даст аргументы, необходимые для успешной защиты курсового проекта.

## 2.2. Отработка изделий на технологичность

Приведем некоторые правила-рекомендации по отработке ЭС на производственную технологичность:

- повышение серийности изделий и их составных частей за счет группирования, унификации и стандартизации;
- ограничение номенклатуры конструкций и применяемых материалов;
- преемственность освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям;
- снижение массы изделия;
- применение высокопроизводительных типовых технологических процессов и средств технологического оснащения.

Практическая отработка конструкции на технологичность осуществляется:

— конструктором при разработке изделия. Он, таким образом, должен хорошо знать возможности и ограничения того производства, на котором будет изготавливаться изделие;

— нормоконтролером в процессе нормоконтроля;

— технологом в процессе технологического контроля конструкторской документации;

— в процессе получения всевозможных согласующих подписей и утверждений, который сопровождается, как правило, внесением огромного количества изменений в конструкцию и технологический процесс.

Оперативность внесения этих изменений, несомненно, также влияет на технологичность конструкций изделий.

В силу противоречивости частных критериев технологичности в процессе обеспечения технологичности может случиться так, что, повышая технологичность сборки, мы одновременно существенно снизим технологичность деталей. Наиболее распространенная и предлагаемая в курсовых проектах мера по обеспечению технологичности сборки несущих конструкций (корпусов) ЭС за счет отказа от винтовых соединений и перехода на защелки отрицательно отразится на технологичности новых деталей корпуса. На практике это означает, что наши предприятия не всегда готовы делать эти детали. Для внедрения новых технологий понадобятся новые материалы и новые пресс-формы, которые стоят недешево. Однако, сославшись на изложенную выше методику оценки технологичности, можно дополнить список частных показателей технологичности сборки еще одним показателем, характеризующим изменение технологичности деталей. Далее все решит величина весового коэффициента для нового частного показателя. Общие рекомендации по расчету новых показателей технологичности, отсутствующих в отраслевой методике, можно найти в ГОСТ 14.201-83.

## Глава 3

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ СТПП

## 3.1. Классификация технологических процессов

Для начала необходимо подчеркнуть двойственность термина "технологический процесс". С одной стороны, это человекомашинный комплекс реального производства, а с другой — сопроводительная документация к нему. И то и другое именуют, однако, одинаково. При более глубоком рассмотрении вторая сторона этого термина еще более многозначна. В ГОСТ14.302-73 приводится классификация технологических процессов, которая упорядочивает многозначность термина, что необходимо для разработки. В соответствии с этой классификацией все технологические процессы можно группировать:

1. *По количеству изделий, охватываемых техпроцессом.* Таким образом, различают единичные и типовые технологические процессы. Обращаем внимание читателя на распространенную ошибку отождествления единичного технологического процесса с единичным типом производства. Единичный техпроцесс применяется для изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Типовой технологический процесс является логическим завершением работ по группированию изделий по конструктивно-технологическим признакам и применяется как основа при разработке рабочего технологического процесса.

2. *По основному назначению* различают рабочие и перспективные технологические процессы. Рабочий техпроцесс применяется для изготовления конкретного изделия в соответствии с требованиями рабочей технической документации. Надобность в перспективном техпроцессе возникает при техническом и организационном перевооружении производства. Он рассчитан, как правило, на применение более совершенных методов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения и изменение принципов организации производства.

3. По степени детализации описания различают маршрутный, операционный и маршрутно-операционный техпроцессы. Их выбор зависит от типа производства (квалификации основных рабочих) и стадии разработки технической документации.

При проектировании технологических процессов необходимо обеспечить оптимальное соотношение преемственности и творчества. Комплект технологических документов — это паспорт надежности изделия. В этом плане технологи — люди консервативные. Они, как и представители заказчика, отдают себе отчет в том, что любые изменения в технологическом процессе, пусть даже продиктованные самыми благородными помыслами, неизбежно повлекут за собой достаточно серьезный объем дорогостоящих испытаний. Аттестация технологических процессов и связанное с ней неукоснительное соблюдение технологической дисциплины рассматриваются как гарантии сохранения достигнутой надежности выпускаемых изделий.

Разработка новых типовых технологических процессов сегодня требует концентрации финансов в рамках холдингов (концернов). Отдельно взятому предприятию это не под силу. В этой связи воспоминания о прекративших свою деятельность отраслевых технологических институтах не так уж бесполезны сегодня.

## **3.2. Исходная информация для разработки**

Перечислим основные виды исходной технико-экономической информации, используемой при разработке технологических процессов:

- типовые техпроцессы и операции;
- технологический классификатор объектов производства;
- классификатор технологических операций;
- стандарты ЕСТД и ЕСТПП;
- система обозначений технологических документов (см. ЕСТД);
- стандарты и каталоги на средства технологического оснащения;
- нормативы технологических режимов;
- материальные и трудовые нормативы и др.

### 3.3. Основные задачи разработки технологических процессов

Поясним идеологию ЕСТПП в части разработки техпроцессов на основе кодирования деталей по конструктивно-технологическим признакам. Она заключается в том, что дополнительно к имеющейся в ЕСКД (ГОСТ 2.201–81) классификации изделий по конструктивным признакам предлагается классифицировать их по технологическим признакам. Это по замыслу ЕСТПП должно было привести к получению полного конструкторско-технологического цифрового кода изделий.

*Группирование* — средство искусственного повышения серийности изделий, способствующее повышению их производственной технологичности. Типовой представитель группы изделий требует для своей обработки наибольшего количества основных и вспомогательных операций, характерных для изделий, входящих в группу.

В этом случае разработка рабочих технологических процессов на основании типовых включает следующие достаточно формальные процедуры:

- отнесение обрабатываемого изделия на основании технологического классификатора к соответствующей группе;
- выбор по коду типового технологического процесса;
- уточнение состава и последовательности операций;
- уточнение выбранных средств технологического оснащения.

Разработка технологических процессов в соответствии с ЕСТПП в общем случае включает комплекс взаимосвязанных работ, состав и последовательность которых зависят от сложности изделия и типа производства:

- выбор заготовок;
- выбор технологических баз;
- подбор типового технологического процесса;
- определение последовательности и содержания технологических операций;
- определение, выбор и заказ новых средств технологического оснащения (в том числе средств контроля и испытания);

- назначение и расчет режимов обработки;
- нормирование процесса (трудовое и материальное);
- определение профессий и квалификации исполнителей;
- организация производственных участков;
- выбор средств механизации и автоматизации элементов технологических процессов и внутрицеховых транспортных средств;
- составление планировок производственных участков и разработка операций перемещения изделия и отходов;
- оформление рабочей документации на технологические процессы.

### **3.4. Виды и правила разработки процессов контроля**

Процессы контроля можно классифицировать как технологические процессы (см. выше). Объектами контроля могут быть материалы (основные и вспомогательные), полуфабрикаты, заготовки, изделия (детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты), технологические процессы. Проверке подвергаются также упаковка, комплектность, консервация и сопроводительная документация.

Различают входной, операционный, приемочный контроль. По полноте охвата контролером любая категория контроля подразделяется на сплошной и выборочный контроль, а по связи с объектом контроля — на непрерывный, периодический и летучий. Последний может быть только выборочным.

Уровень автоматизации и механизации процессов технического контроля (ТК) должен отвечать требованиям техпроцесса изготовления изделия, а также условиям и типу производства. Операции ТК должны предусматривать получение информации для регулирования технологического процесса, а также обеспечивать предупреждение с заданной вероятностью пропуска дефектных материалов, заготовок, полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц для последующего изготовления изделия.

## Глава 4

# ВЫБОР, РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ КАК ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ СТПП

### 4.1. Выбор и разработка технологического оборудования

В соответствии с ГОСТ 14.301–73 средства технологического оснащения (СТО) включают:

- технологическое оборудование, в том числе контрольное и испытательное. Последние два вида выделяются в отдельных стандартах;
- технологическую оснастку, в том числе инструменты и средства контроля, а также тару (механический интерфейс);
- средства механизации и автоматизации производственных процессов.

В целом выбор и разработка СТО представляют собой комплекс системных многокритериальных оптимизационных задач (генерация, сравнение и выбор вариантов). ЕСТПП при этом ориентирует технологов на эволюционный путь развития производства, менее рискованный, но более медленный. Этот путь — не единственный и, как свидетельствует мировая практика, не всегда самый эффективный.

Выбор оборудования производится с учетом:

- типа производства и его организационной структуры, плана развития предприятия, что не противоречит требованиям рыночной экономики, если ориентироваться на гибкое производство, понимая под гибкостью возможность не только быстро перестраиваться с одного вида продукции на другой, но и непрерывного развития (совершенствования) производства;
- характера намеченной технологии (необходимо отметить тесную взаимосвязь основных функций СТПП);
- технических требований к изделию. На сегодня одно из основных требований — конкурентоспособность;
- объемов и плана выпуска продукции во времени;

- возможности группирования операций, т.е. искусственного повышения серийности и, следовательно, технологичности;

- максимального применения стандартных оснастки и оборудования. Необходим единый комплексный подход к разработке оборудования и оснастки;

- равномерной загрузки имеющегося оборудования.

Выбор производится предварительно по главному параметру, который является наиболее показательным для выбираемого оборудования. Наиболее общими показателями являются:

- коэффициент загрузки, определяемый отношением расчетного числа единиц оборудования (станков) к принятому. Для массового производства, согласно рекомендациям ЕСТПП, он не менее 0,65 – 0,77, для серийного 0,75 – 0,85. Расчетное число станков определяется отношением штучного времени на данной операции к такту выпуска. При мелкосерийном и единичном производстве следует предусматривать догрузку другими деталями и сборочными единицами;

- коэффициент использования оборудования по основному (технологическому) времени, представляющий собой отношение основного времени к общему времени задействования станка на данной операции;

- коэффициент использования оборудования по мощности, представляющий собой отношение необходимой мощности на приводе к мощности установленного двигателя;

- надежность оборудования, определяемая соотношением средних времен безотказной работы и восстановления;

- экономические показатели, например приведенные затраты.

Ответ на вопрос: покупать или делать самим оборудование? — не такой уж однозначный. Неоднозначность обусловлена противоречием между универсальностью и специализацией оборудования, одним из средств разрешения которого является агрегатно-модульный принцип разработки технологического оборудования.

На практике специалисты предприятий часто делают выбор по аналогии с успешно работающими предприятиями. Пример: линия поверхностного монтажа ОАО «Владимирский завод "Электроприбор"» очень похожа на соответствующую линию фирмы "Fastwell" в Москве (см. [www.fastwell.ru](http://www.fastwell.ru)). Появились консалтинговые фирмы (ОСТЕК,

Электрон-Сервис-Технология, Петрокоммерц и др.), которые берут заказы на комплексное решение вопросов выбора и поставки оборудования, включая подробное изучение состояния дел на предприятии. Одни фирмы при этом склоняются в сторону поставки нового оборудования, другие специализируются на использовании оборудования, бывшего в употреблении.

С точки зрения системного подхода выбор оборудования связан с внедрением новых технологий, изменением структуры кадрового состава сотрудников предприятия, подготовкой кадров технологов и конструкторов.

## **4.2. Выбор и разработка технологической оснастки**

Системный подход к ТПП распространяется и на разработку, и на изготовление оснастки. Следует подчеркнуть опережающий характер процессов разработки оснастки, особенно оснастки нулевой очереди и вторичной, т. е. оснастки для изготовления оснастки. Под нулевой понимают оснастку, без которой практически невозможно изготовление деталей с заданными требованиями по качеству. В отличие от нее без оснастки первой очереди можно обойтись поначалу (при изготовлении опытной партии), так как эта оснастка необходима для выхода серийного производства на заданный уровень производительности труда.

Следует отметить большой удельный вес оснастки в обработке металлов, изготовлении деталей из пластмасс и т.п.

Стандартизация и унификация оснастки привели к переходу количественных изменений в качественные для некоторых видов оснастки — появились так называемые семейства оснастки. Кстати, аналогичные процессы имеют место и при разработке конструкций электронных средств (персональных компьютеров, средств связи, аудио- и видеотехники). Нетрудно показать на примере металлообработки корпусных деталей резанием применимость различных семейств оснастки (в соответствии с рекомендациями ЕСТПП, ориентированными на развитие баз проката оснастки), а именно:

- неразборной специальной (НСО, НСП);
- универсально-сборной (УНО, УНП);

- сборно-разборной (СРО, СРП);
- универсально-безналадочной (УБО, УБП);
- специализированной наладочной (СНО, СНП).

На появление станков с ЧПУ и гибких производственных модулей (ГПМ) семейства оснастки отреагировали определенной эволюцией.

При выборе стандартной оснастки в качестве основного показателя выбирается коэффициент загрузки единицы оснастки. Приведенные в ЕСТПП рекомендации достаточно очевидны (против них трудно что-то возразить) и в то же время не очень конкретны для практического использования.

### **4.3. Выбор и разработка средств автоматизации и механизации производственных процессов**

Наряду с общими, в целом, полезными рекомендациями, с которыми нелишне будет ознакомиться, ЕСТПП предлагает громоздкую систему ступеней и категорий механизации и автоматизации производственных процессов.

В ЕСТПП были установлены 10 ступеней применяемости механизации и автоматизации: от единичной технологической операции (1) до системы процессов на уровне всего народного хозяйства (10). Кроме того, предлагалось 8 категорий механизации и автоматизации для каждой ступени в зависимости от величины основного показателя уровня и степени влияния вида механизации и автоматизации на состояние технологических процессов: от низшей (0) до полной (7).

В целом, эти показатели позволяли получить некоторую оценку активности администрации и инженерного корпуса предприятия в их деятельности по механизации и автоматизации производства. Такая формальная и многоступенчатая оценка давала, в свою очередь, предприятиям возможность отчитываться положительной динамикой своей деятельности в этом направлении.

## Глава 5

# ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ТПП КАК ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ СТПП

### 5.1. Рекомендации ЕСТПП по организации и управлению процессом ТПП

ЕСТПП в первой группе своих стандартов устанавливает основные правила организации и управления ТПП на предприятии и взаимосвязь управления ТПП с другими, в том числе автоматизированными системами предприятия и внешними организациями, включая рекомендации по формированию и совершенствованию организационной структуры служб, осуществляющих ТПП, и установлению их взаимодействия. Востребованность стандартов ЕСТПП чувствуется тогда, когда предприятие пытается организовать выпуск принципиально новой для него продукции. Если продукция не меняется, то сложившуюся СТПП весьма трудно изменить, даже если она характеризуется большими сроками ТПП.

Управление ТПП должно обеспечивать взаимосвязь ее с другими функциональными подсистемами автоматизированных систем управления в следующих направлениях:

- *организационном*, обеспечивающем общие принципы построения организационных структур и положений;
- *информационном*, обеспечивающем единство классификации и кодирования информации, применяемых форм документации, массивов постоянной и переменной информации;
- *технологическом*, обеспечивающем единство методов обработки информации;
- *техническом*, обеспечивающем единство и совместимость применяемых технических (программно-аппаратных) средств для обработки различной информации.

Для организации и управления процессом ТПП предлагается инструмент, именуемый информационной графической моделью ТПП. В основу информационной графической модели заложены такие понятия,

как уже знакомая нам функция, а также задача, процедура, документ (носитель информации, имеющий юридическую силу). Стандарты первой группы ЕСТПП устанавливают иерархию (соподчиненность) перечисленных понятий, а для наглядности предлагают изобразить информационные взаимосвязи в виде блок-схемы, весьма напоминающей нам структурную схему алгоритма, знакомую по стандартам Единой системы программной документации (ЕСПД). По существу, это схематическое описание СТПП, которое должно отражать:

- номенклатуру функций, задач и процедур, выполняемых в системе;
- информационные связи СТПП;
- последовательность решения задач в системе;
- входную и выходную информацию;
- технические характеристики информации (объем, периодичность возникновения);
- виды носителей информации;
- процедуры решения задач ТПП;
- состав технических средств, используемых в решении задач;
- состав административных подразделений, участвующих в решении задач ТПП.

Модели СТПП рекомендуется представлять в виде комплекта блок-схем, которые в зависимости от степени детализации разделяют:

- на блок-схемы функций (для СТПП в целом или отдельных ее частей). Они необходимы для установления границ СТПП и информационных связей с внешними по отношению к ней системами, а также при разработке рациональной организационной структуры службы ТПП;
- блок-схемы задач (для одной или нескольких функций). Они служат для информационной увязки задач и используются для оптимизации состава информации, информационных связей и последовательности решения задач, а также для построения схем документооборота и сетевых моделей управления ТПП;
- блок-схемы процедур (для одной или нескольких задач). Ими пользуются при формировании требований к методам решения задач, при выборе конкретной номенклатуры технических средств, используемых для сбора, хранения и обработки информации, а также для опре-

деления временных параметров решения отдельных задач при формировании сетевых моделей управления ТПП.

## 5.2. Системный подход к совершенствованию СТПП

Требует прежде всего обозначить внешние по отношению к СТПП системы, а именно:

- разработчика;
- вышестоящих организаций: холдинга, концерна, департамента, агентства, министерства;
- управления материально-техническим снабжением;
- управления основным производством;
- технико-экономического планирования;
- управления кадрами;
- управления сбытом продукции.

Техническое задание на совершенствование СТПП на предприятии с учетом системного (комплексного) подхода по ГОСТ 14.103–73 должно состоять из следующих разделов:

- основания для разработки;
- цель и назначение разработки;
- характеристика объекта разработки;
- документация, используемая при разработке;
- перечень выходной документации задачи;
- основные технические требования к разрабатываемой документации;
- экономическое обоснование;
- организация разработки;
- контроль и приемка разработанной документации.

И наконец, системный подход означает общность подходов к разработке и совершенствованию СТПП с приемами и правилами разработки бизнес-процессов. По этой причине центр тяжести работ перемещается в направлении информационных технологий, которое регламентирует прогрессирующая система стандартов ЕСПД.

## Глава 6

# ПЕРВИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

### 6.1. Разработка межцеховых технологических маршрутов

Процесс ТПП на конкретном предприятии существенно сложнее той схемы, которая рекомендуется ЕСТПП. Он не сводится к простому чередованию выполнения основных функций. Реально процесс ТПП представляет собой набор итераций, т. е. последовательных приближений, когда параллельно идет работа по всем основным направлениям с разной степенью проработки основных функций.

Причин этого явления две:

- желание ускорить ТПП. Это естественно, поскольку сейчас для новых изделий эти сроки составляют минимум 3 – 5 лет;
- желание равномерно загрузить все подразделения предприятия параллельно, так как зарплату они получают каждый месяц.

Для начала выделим две итерации — первичная и вторичная (основная) ТПП. Первичная ТПП включает четыре основных момента, описанных в четырех параграфах данной главы.

Расцеховка изготовления детали (сборочной единицы) устанавливает, через какие цеха должна пройти деталь (сборочная единица) до момента сдачи на склад (комплектовочный участок, выпускающий цех). Это эскиз будущей маршрутной карты. Разрабатывается ведущим технологом по изделию или его составной части. Он (технолог), с одной стороны, должен знать сложившуюся структуру межцеховых связей и специализацию цехов, включая их текущую загруженность, и, с другой стороны, видеть перспективы межцеховых связей и специализации цехов, т.е. влиять на них.

Узкая специализация цехов вступает в противоречие со стремлением реализовать короткие межцеховые маршруты с минимальным количеством передач полуфабрикатов из одного цеха в другой, что представляет собой достаточно трудоемкую и трудно поддающуюся автоматизации процедуру. Должен быть достигнут разумный компромисс

между специализацией цехов и максимальным замыканием технологических маршрутов в цехе. Примеры: цех силуминового литья оснащают фрезерным и сверлильным оборудованием. Здесь же целесообразно производить окраску, может быть. В штамповочном цехе возможно создание доделочных участков для подрезки и сверления деталей, нарезания резьбы и т.д. В слесарно-каркасном цехе устанавливают станочное оборудование для штамповки, чтобы создать замкнутый цикл изготовления каркасов (шасси).

## **6.2. Проектирование и изготовление технологической оснастки**

Выявление номенклатуры оснастки и ориентировочного ее количества производится до разработки технологических процессов. Установление номенклатуры, очередности и сроков проектирования и изготовления оснащения — сложная задача, так как число наименований оснастки может превышать число наименований деталей и сборочных единиц. Может понадобиться оснастка для изготовления оснастки.

После расцеховки ведущий технолог просматривает чертежи и устанавливает ориентировочную номенклатуру, количество и очередность проектирования и изготовления оснастки для производства установочной партии. При этом учитывается возможность ее изготовления без дополнительного оснащения. Если последнее не удастся, то весь объем обычно распределяют на две очереди: нулевую и первую. Нулевая включает оснастку, без которой практически невозможно изготовление деталей с заданными требованиями по качеству. Пример: фотошаблоны для печатных плат. Первая включает оснастку, которая вместе с нулевой составляет полный комплект оснащения, обеспечивающий возможность изготовления изделий в соответствии с запроектированной трудоемкостью. При этом нужно учесть и возможности инструментального цеха, не исключается заказ на изготовление оснастки на другом предприятии.

В конечном итоге работа ведущего технолога сводится к заполнению карты заказа на проектирование и изготовление оснастки, а также к контролю за прохождением указанной карты и исполнением заказа,

чтобы оснащение детали (сборочной единицы) было комплектным.

### 6.3. Нормирование расхода материалов

Нормы расхода — это основа:

- для планирования материально-технического снабжения завода;
- контроля за расходом (основа экономии материальных ресурсов).

Номенклатура материалов огромна — до 50 видов на одно изделие. Обычно расчет норм расхода значительно опережает проектирование технологических процессов. Для решения этой задачи в составе ОГТ существует бюро материальных нормативов, которое должно быть укомплектовано техниками, но на практике эту, прямо скажем, нетворческую задачу часто решают сам ведущий технолог или его помощники. Именно здесь нам могут помочь электронные таблицы, в которые "защиты" соответствующие нормативы, предусмотренные ГОСТами, ОСТАми и другими заводскими регламентирующими документами.

Основа нормы — чистый расход материалов на единицу продукции. Второй элемент — дополнительные затраты материала на потери и отходы, обусловленные технологическим процессом. Третий — технически неизбежные отходы, обусловленные некратностью и др. Норма маленькая — будет брак, норма большая — перерасход. Ответственность технолога велика. Он может "спрятаться" за опубликованные нормативы, которые, в свою очередь, вполне могут устареть. Проявление же чрезмерной инициативы может привести к негативным последствиям.

При изготовлении деталей из сортового проката норма расхода материала на деталь  $H_{\text{д}}$ , кг, рассчитывается как

$$H_{\text{д}} = q_{\text{заг}} K_{\text{п}},$$

где  $K_{\text{п}}$  учитывает отходы некратности, а масса заготовки  $q_{\text{заг}}$  определяется по формуле

$$q_{\text{заг}} = \frac{Q l_{\text{заг}}}{1000},$$

где  $Q$  — масса одного погонного метра, кг;  $l_{\text{заг}}$  — длина заготовки, мм, определяемая по формуле

$$l_{\text{заг}} = l_{\text{д}} + C_1,$$

где  $l_d$  — длина детали, а  $C_1$  — припуск на подрезку торца (выбирается по нормативам предприятия). Диаметр заготовки определяется по формуле

$$d_{\text{заг}} = d_d + C_2,$$

где  $d_d$  — диаметр детали;  $C_2$  — припуск на обработку (выбирается по заводским нормативам). Определенный таким образом диаметр заготовки округляется в сторону увеличения до ближайшего стандартного значения.

Общие рекомендации по выбору заготовок состоят в том, чтобы обеспечить наиболее целесообразное использование материала, минимальную трудоемкость получения заготовок и возможность снижения трудоемкости изготовления самой детали. Важным показателем целесообразности выбора заготовки является коэффициент использования материала

$$K = \frac{M_d}{M_3},$$

где  $M_d$  — масса детали;  $M_3$  — масса заготовки.

Выбор технологических баз — следующий шаг после нормирования. Базовыми называются поверхности или сочетания поверхностей, оси или сочетания осей, точки или сочетания точек, относительно которых деталь ориентируют при обработке. Предпочтительно совпадение конструкторских и технологических баз, но это не всегда возможно. При изготовлении печатных плат используют основные и резервные базы.

Если технологическая база отличается от конструкторской, то появляется дополнительная погрешность базирования, которую необходимо учитывать, в частности при анализе размерных цепей.

#### **6.4. Трудовое нормирование технологических процессов**

Ситуация для технолога при назначении трудовых норм аналогична ситуации при расчете материальных нормативов — надо предложить оптимальный вариант. Для этого могут быть использованы

ранее изданные нормативные материалы, лабораторные исследования и фотохронометражные наблюдения, проведенные на предприятиях. Как правило, этой работой занимались сотрудники головного научно-исследовательского отдела организации труда. В радиопромышленности, например, существовал НИИЭИР — отраслевой Научно-исследовательский институт экономики и информации в радиоэлектронике. Приведенные в нормативных документах нормы времени не являются предельными. С развитием техники, технологии и дальнейшего улучшения организации труда они должны корректироваться.

Нормы времени зависят от типа производства и существующей организации труда на конкретном участке. В таблицах справочников элементных нормативов времени обычно приводится так называемое оперативное время  $T_{\text{оп}}$ , обычно в минутах. Для получения штучного времени для выполнения операции  $T_{\text{шт}}$  к оперативному времени  $T_{\text{оп}}$  необходимо добавить время на взятие и откладывание инструмента  $T_{\text{и}}$ , которое также приводится в одной из таблиц справочника. Затем умножить сумму на поправочный коэффициент следующим образом:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{оп}} + T_{\text{и}}) \left( 1 + \frac{K}{100} \right),$$

где  $K$  — коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места, подготовительно-заключительное время и время на отдых и личные надобности, включая активный отдых — гимнастику. Значение коэффициента  $K$  зависит от типа производства и изменяется в пределах примерно от 9 для массового до 12,6 % для мелкосерийного и единичного производства. Нормативы времени, приведенные в справочнике элементных нормативов, предусматривают вполне определенные организационно-технические условия:

- а) рабочий обеспечен комплектом инструмента;
- б) доставка материалов, полуфабрикатов и документации осуществляется подсобным рабочим;
- в) инструктаж мастера, проверка и сдача выполненной работы производятся на рабочем месте.

Ряд карт нормативов времени может быть рассчитан на выполнение работ в условиях свободных, стесненных и неудобных. Стесненными считаются условия работы, при которых имеются препятствия (насыщенность прибора электрорадиоэлементами, контактами, сложность конфигурации блока, ребристость и стесненность каналов), затрудняющие свободный доступ к месту работы. Неудобными принято считать условия работы, при которых кроме препятствий, ограничивающих движение рук рабочего, имеются препятствия, затрудняющие обзор места работы, вследствие чего рабочему приходится очень низко нагибаться, резко поворачивать корпус, высоко поднимать руку, работать стоя или на коленях. На величину норм времени может повлиять, например, сортамент припоя — литниковый или трубчатый.

Нормативы времени в справочниках обычно систематизированы в порядке технологической последовательности по следующим видам работ:

- заготовительные, включая заготовку изоляционных трубок, металлических и бумажных бирок, концов провода, кабеля, экранирующей плетенки и других материалов, необходимых для производства электромонтажных работ;

- разделочные, включая разделку концов провода, кабеля, надевание изоляционных трубок и экранирующей плетенки, лужение и другие работы;

- монтажные, включая укладку проводов по шаблону, укладку жгута в корпусе прибора, вязка жгута нитками или лентами, механическое подключение и пайка проводов жгута или кабеля к клеммам и другие работы;

- вспомогательные, включая взятие и откладывание инструмента, перемещение проводов, повороты деталей и узлов, повертывание приспособления, перемещение деталей, узлов, плат, приспособлений, переходы рабочего с грузом и другие работы.

## Глава 7

# ПОСТАНОВКА ИЗДЕЛИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО И ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 7.1. Приобретение разработки и постановка на производство

При разработке и постановке продукции на производство необходима определенная система, начиная от постановки ТЗ на разработку и кончая оформлением технологической документации на серийное производство. Эта система существует в виде комплекса стандартов под общим номером ГОСТ 15. (ГОСТ 15.001 и т. д.) "Система разработки и постановки продукции на производство" и устанавливает порядок:

- организационной подготовки нового изделия;
- разработки, согласования, утверждения и объема протокола о передаче технической документации от предприятия-разработчика предприятию-изготовителю;
- приемки технической документации от предприятия-разработчика;
- проработки документации техническими службами и подготовки исходных данных для разработки сетевого графика подготовки производства и изготовления нового изделия;
- расчета сетевого графика;
- контроля выполнения работ по подготовке производства;
- внесения изменений в сетевой график;
- формы дополнительных учетных и отчетных документов.

Сегодня в эпоху контрактного производства (см. гл. 10) полезно воспроизвести некоторые шаги предприятия в соответствии с указанной системой стандартов. В 90-е годы прошлого века автору во время руководства производственной практикой студентов удалось подробно ознакомиться с комплексной системой управления качеством продукции на Ярославском радиозаводе, который до сих пор, входя в состав

концерна "Созвездие", работает, как правило, с внешними разработчиками. Ярославцы в своих стандартах предприятия очень подробно описали алгоритм взаимодействия.

Основанием для развертывания работ по постановке передаваемой продукции на производство в недалеком прошлом было решение вышестоящей организации, во исполнение которого заместитель главного инженера по подготовке производства (его почему-то стали именовать главным технологом) готовил приказ по предприятию, в котором:

- устанавливался порядок развертывания работ;
- устанавливалось конструкторское подразделение, обеспечивающее техническое руководство производством изделия;
- назначались ведущие специалисты по изделию — инженер (схемотехник), технолог, конструктор;
- назначались порядок, сроки разработки и согласования протокола о передаче технической документации от предприятия-разработчика предприятию-изготовителю;
- назначался заводской шифр (номер) изделия.

Протокол о передаче — весьма ответственный документ, регламентирующий отношения разработчика-продавца и изготовителя-покупателя, определяющий объем передаваемой информации, порядок оказания и объем технической помощи разработчика по освоению изделия, сроки выполнения каждого этапа работ, взаимные обязательства по освоению изделия.

Этот протокол разрабатывал ведущий конструкторский отдел (КО) под руководством заместителя главного инженера завода по подготовке производства. От изготовителя подписывал его, как правило, главный инженер (технический директор). Для приемки документации создавалась комиссия, члены которой имели разные степени полномочий. После подписания протокола о передаче и, следовательно, получения технической документации от разработчика по предприятию-изготовителю издавался второй приказ.

В нем устанавливались:

- сроки на выдачу копий отделу технической документации (ОТД);
- сроки на разработку технологических маршрутов технологическому отделу (ТО);

- сроки на разработку развернутой спецификации КО;
  - задания подразделениям на разработку сетевого графика;
  - сроки на разработку перечня специальных рабочих мест с указанием нестандартного технологического оснащения, новых участков и цехов;
  - сроки на разработку КО и метрологическому отделу (МО) перечня рабочих мест для регулировочно-сдаточных работ;
  - задания на разработку КО и ТО перечней специальных материалов и комплектующих изделий;
  - сроки на разработку и утверждение сметы затрат на ТПП.
- Далее в работу включались КО, ТО, конструкторский отдел стандартизации (КОС), МО, отдел АСУП.

## **7.2. Классификация, комплектность и оформление технологической документации**

Единые правила выполнения, оформления, комплектации и обращения технологической документации установлены в комплексе стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД), являющейся настольной книгой технолога.

ГОСТ 3.1102–81, например, устанавливает стадии разработки, виды и комплектность технологических документов, которые в нем делятся на основные и вспомогательные. Основные технологические документы, в свою очередь, в указанном ГОСТе делятся на документы общего и специального назначения.

Есть обязательные и достаточно универсальные документы, такие как маршрутная карта (МК), например. В отличие от нее операционная карта (ОК) рекомендуется для единичных технологических процессов. Технологическая инструкция (ТИ) — это документ, предназначенный для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении изделия. Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации.

Первым листом комплекта технологических документов является титульный лист (ТЛ), а для указания полного состава комплекта есть ведомость технологических документов (ВТД).

## Глава 8

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНИРОВОК

#### 8.1. Исходные данные и расчет производственных площадей

В качестве исходных данных служат:

- программа выпуска изделий, точнее, необходимая информация о трудоемкости выполнения этой программы. Эта информация появляется в процессе трудового нормирования разработанного технологического процесса;

- перспективность выпускаемого изделия;
- основание и срок разработки планировки;
- место размещения участка (здание, этаж и т.д.);

- сведения о выпускаемом изделии — характеристика технологического процесса. Различные технологические операции предполагают использование основных производственных рабочих разных специальностей и, соответственно, для них нужны отдельные рабочие места;

- ведомость технологического, подъемно-транспортного оборудования и производственного инвентаря, а также оргоснастки;

- особые требования по размещению рабочих мест, оборудования с учетом транспортных связей между цехами;

- специальные требования по технологии, охране труда и пожарной безопасности: энергетические коммуникации, чистота и температура воздуха в помещении, наличие приточной и отсасывающей вентиляции, подача централизованных сигналов настройки и проверки, создание специальных экранирующих камер, кабин, тамбура, освещения и т.д.;

- необходимые вспомогательные помещения, места складирования и требования к ним (зависят от сменности работы, кооперированных поставок, вида продукции, порядка сдачи и приема готовых изделий).

Расчет производственных площадей осуществляется для основных рабочих либо по трудоемкости работ (для рабочих-сдельщиков), либо по количеству рабочих мест.

Определение количества рабочих мест на поточных линиях предваряет процедура синхронизации [8, лаб. раб. № 4], в результате которой выбирается такт движения конвейера. Отношение нормы времени к такту позволяет определить количество рабочих мест (с округлением до ближайшего большего целого числа). Рабочие на конвейере работают с повременной оплатой. Численность рабочих-сдельщиков определяется также на основании трудоемкости, но дополнительно учитывается фонд рабочего времени, планируемый коэффициент выполнения норм, коэффициент многостаночного обслуживания, специальности и разряда.

Численность вспомогательных рабочих определяется либо по трудоемкости работ, но чаще по нормативам или местам обслуживания. Это наладчики, контролеры, комплектовщики, транспортные рабочие, слесари и электрики по ремонту оборудования и оснастки, кладовщики, уборщики и др.

Производственная площадь определяется на основании технологической планировки рабочих мест, занятых основными рабочими, в основном исходя из нормативов для размещения оборудования.

Вспомогательные помещения по укрупненным нормам составляют 30 - 45 % от производственной площади, в том числе склады материалов 10 - 15 %, промежуточные склады 10 %, инструментально-раздаточные кладовые 10 - 20 %. Площадь для конторских и бытовых помещений может составлять до 1,25 кв. м на каждого работника участка при двухсменной работе.

Преимущество конвейерных линий состоит в том, что изделие после выполнения предусмотренных технологией операций автоматически транспортируется в необходимом направлении к месту складирования.

## **8.2. Составление технологической планировки**

На основании полученных исходных данных и расчетов рекомендуется следующая схема составления планировки:

1. Рисуем планировку будущего участка без оборудования, указывая на ней перегородки, окна, двери, колонны, вентиляционные шахты,

силовые щиты энергоснабжения, противопожарное оборудование. В качестве основы планировки служит строительная документация здания.

2. Распределяем основные производственные и вспомогательные помещения. При этом желательно определить основные потоки транспортировки деталей, заготовок, комплектующих и готовых изделий, для чего важно знать местонахождение грузовых лифтов и других транспортных средств.

3. Расставляем оборудование, выбирая при этом оптимальный вариант.

Для обсуждения и сравнения предлагается разработать два варианта и более и после подробного сравнительного анализа сопутствующих технических, организационных и экономических проблем составить (выбрать) окончательный вариант.

Планировка признается качественной, если:

- технологический поток изготовления изделий последовательный;
- все транспортно-погрузочные и складские работы входят в общий технологический поток;
- планировка обеспечивает сохранность материальных ценностей и возможность учета деталей, полуфабрикатов, готовых узлов и изделий.

К технологической планировке прилагается спецификация, в которой указывают название оборудования, тип или марку, размеры, массу, вид энергетических коммуникаций, к которым подключается оборудование.

### **8.3. Перспективы использования геоинформационных систем**

Геоинформационные системы (ГИС) или системы пространственного моделирования рассматриваются в качестве возможного центра системной интеграции программного обеспечения предприятия. Несмотря на то что ГИС используются преимущественно для управления протяженными территориями, они могут найти свое применение практически в любой крупной организации, имеющей на балансе здания, оборудование и инженерные коммуникации.

В упрощенном понимании ГИС — это программы, работающие с информацией, отображаемой на электронных географических картах и планах территорий. В более широком смысле это комплексные информационные системы, имеющие в своем составе наряду с традиционными средствами ведения баз данных различной проблемной ориентации мощный инструмент моделирования и отображения окружающего нас пространства.

К числу задач, которые могут решаться с использованием ГИС на предприятии, можно отнести следующие:

- ведение генерального плана территорий с нанесением зданий, сооружений, зеленых насаждений и инженерных коммуникаций (теплотрасс, газопровода, водопровода, канализации, электрических и информационных сетей);

- учет материально-технических ценностей с указанием их местонахождения на планах помещений;

- учет и анализ состояния и использования помещений.

ГИС WinPlan устроена таким образом, что не требует обязательного заведения атрибутивной информации графических объектов средствами самой системы, а позволяет подключать к тематическим слоям карт и планов уже имеющиеся таблицы БД. ГИС может использовать таблицы с данными по помещениям, данные о размещении материально-технических ценностей, таблицы с параметрами объектов коммуникаций, нормативными значениями показателей условий труда, категорий помещений и т.п.

Использование в качестве сервера баз данных MS SQL Server разрешает хранить типовые, заранее подготовленные запросы к БД в виде хранимых на сервере процедур. Это могут быть запросы без параметров (например, показать на планах все аудитории, имеющие охранную сигнализацию), запросы с параметрами (например, найти все помещения, в которых с даты 1 по дату 2 проводился ремонт отопительной системы) и запросы, параметром для которых служит указанный на плане объект (например, показать графики использования указанного помещения).

Геоинформационные системы работают с большими объемами информации и, как правило, в многопользовательском режиме. Поэтому

при их создании и внедрении возникают все проблемы и сложности, с которыми сталкиваются разработчики любых крупных информационных систем. Интегрирующий характер ГИС еще больше усложняет положение. Из этого следует, что процесс создания ГИС нельзя рассматривать в отрыве от проблем комплексной автоматизации предприятий. Более того, в современных корпоративных информационных системах часто бывает трудно провести грань между ГИС и другими компонентами информационной системы, настолько сильно они связаны и взаимно проникают друг в друга. В данном контексте, когда речь идет о ГИС, имеется в виду, что это один из классов современных информационных систем, объединяющих множество функциональных блоков на основе использования общей модели данных, а не просто разновидность графического программного интерфейса.

До недавнего времени в энергетике и инженерных коммуникациях были широко распространены системы, называемые за рубежом АМ/ФМ (Automated mapping/Facilities management). В функции этих систем входят управление инженерными сетями и пространственной инфраструктурой, а также инвентаризация оборудования на основе работы с чертежами и немасштабными схемами. Именно с развитием этого класса систем связано начало использования ГИС в энергетике. По мере роста производительности и графических возможностей персональных компьютеров повышались запросы со стороны пользователей к точности представления пространственной информации и возрастали потребности в комплексном представлении разнородной информации. В этих условиях ГИС, использовавшиеся ранее профессиональными картографами, оказались наиболее подходящей основой для реализации указанных функций и в настоящее время активно вытесняют программные средства, ориентированные на работу только с немасштабными схемами.

## Глава 9

# ИНЖЕНЕРНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

### 9.1. Общая характеристика работ по сопровождению

Человекомашинный комплекс производства электронных средств представляет собой сложную динамическую систему, которая требует определенных затрат (материальных и трудовых) на свое обслуживание после завершения технологической подготовки производства. Важная роль отводится при этом инженерам — конструкторам и технологам, которые, с одной стороны, несут ответственность за соблюдение установленной технологической дисциплины, а с другой стороны, обеспечивают адаптацию действующего производства к различным воздействиям — внутренним и внешним. В процессе этой деятельности расширяется системный кругозор инженеров, уровень их квалификации возрастает. Нельзя отрицать тот факт, что эффективность указанного комплекса зависит от "субъективного фактора". В то же время можно понять стремление руководства предприятия обеспечить определенную независимость производства от персонала за счет создания системы инженерного сопровождения производства.

Один из "отцов-теоретиков" российского конструирования электронных средств профессор В.Б. Пестряков в своих выступлениях на учебно-методических совещаниях и семинарах различного уровня не уставал повторять, что будущий конструктор электронных средств обязательно должен пройти школу сопровождения чужих конструкций в производстве. Только при этом условии он может стать хорошим конструктором. Кстати, многие отечественные и зарубежные теоретики производственного менеджмента придерживаются теории так называемой "горизонтальной ротации" сотрудника по различным подразделениям фирмы, прежде чем принять решение о его "вертикальной ротации" на следующий иерархический уровень управления.

Инженерное сопровождение производства предполагает, в частности, организацию обращения конструкторских и технологических доку-

ментов, внесение изменений, анализ и выработку рекомендаций по совершенствованию конструкций ЭС, технологической подготовки производства, обеспечению качества продукции.

Современный этап развития производства электронных средств характеризуется интенсивным внедрением компьютерных информационных технологий в инженерную деятельность. Однако при всей своей привлекательности компьютеризация порождает ряд новых проблем, связанных с несовершенством программно-аппаратных решений, имеющих сегодня в распоряжении инженерного корпуса. Это и проблемы защиты информации в самом широком смысле этого слова, и проблемы коммуникаций между различными участниками производственного цикла, включая также юридические аспекты общения. Напоминаем, что документ отличается от носителя информации тем, что имеет юридическую силу.

## **9.2. Учет, хранение и обращение технической документации**

На российских предприятиях эти виды работ регламентированы государственными стандартами, которые сегодня в основном ориентированы на работу с бумажными документами. В первую очередь это стандарты пятой группы ЕСКД (ГОСТ 2.501–68 — ГОСТ 2.503–68). Содержащаяся в них информация по работе с конструкторской документацией может быть практически без изменений распространена и на работу с технологической документацией, поэтому соответствующий стандарт ЕСТД значительно меньше по объему из-за ссылок на перечисленные стандарты ЕСКД.

Согласно ГОСТ 2.501–68 все имеющиеся на предприятии подлинники, дубликаты и копии конструкторских документов (КД) подлежат учету и хранению в отделе технической документации (ОТД) или бюро технической документации (БТД) предприятия (для предприятий с небольшим объемом КД).

Отдельные подразделения ОТД (БТД) выполняют следующие функции:

– бюро (группа) подлинников хранит подлинники и дубликаты конструкторских документов;

– бюро (группа) копий хранит копии конструкторских документов, обеспечивает этой документацией цеха и отделы предприятия. Копии КД могут быть архивными (отражающими состояние конструкции изделия), контрольными (для справок и сверки КД, из бюро копий они не выдаются) и рабочими;

– бюро (группа) учета принимает, регистрирует, выдает, а также учитывает состояние и движение подлинников, дубликатов и копий конструкторских документов, учитывает применяемость КД, изменения применяемости КД, а также изменения состояния КД по "Извещениям об изменении"; оформляет наряды на размножение документов, выдает справки о состоянии и применяемости документов;

– бюро (группа) изменений документов вносит изменения в КД на основании "Извещений об изменении", учитывает внесение изменений по извещениям;

– цеха (мастерские) размножения документов размножают, брошюруют и переплетают КД;

– бюро (группа) комплектации комплектует КД после их размножения; оформляет запросы другим предприятиям и организациям о высылке КД; обеспечивает КД внешних абонентов;

– группы рабочих копий (ГРК) используют рабочие (учтенные) копии КД для оперативных нужд в течение определенного срока; вместо ГРК рабочие копии могут выдаваться непосредственно исполнителям.

Учет выдачи и возврата копий оформляют по распискам, абонентским карточкам или ведомостям рассылки. Все поступившие в ОТД (БТД) копии (отдельные листы, папки, альбомы) подлежат учету в карточках учета копий (см. стандартные формы в ГОСТ 2.501-68).

В папках (альбомах) КД комплектуют в следующей последовательности:

– спецификация изделия, которая, как известно, заполняется в соответствии с ГОСТ 2.108–68. В дальнейшем этот конструкторский документ служит как бы универсальным путеводителем по комплекту КД;

– документы основного комплекта изделия (в порядке их записи в спецификации);

– спецификации составных частей изделия и документы основного комплекта составных частей изделия (в порядке возрастания обозначений). Документы основного комплекта составных частей изделия помещают после спецификации в порядке их записи в спецификации;

– чертежи деталей, записанные в спецификации основного изделия и всех его составных частей (в порядке возрастания обозначений).

Подлинники КД, пришедшие в негодность или утерянные, должны быть восстановлены после составления акта о списании пришедшего в негодность или утерянного подлинника. Они действуют на правах замененных подлинников. В восстановленных подлинниках не воспроизводят "историю изменений". Эти КД должны быть заверены ответственным лицом.

Дубликаты КД изготавливают для предприятий-дублеров и заказчика по согласованию с предприятием-держателем подлинников с его подлинников КД. На предприятиях-дублерах и у заказчика дубликаты действуют на правах подлинников только после снятия с них копий. Их хранят отдельно от подлинников. Они должны быть учтены предприятием-держателем подлинников. В отличие от подлинников дубликаты не восстанавливаются, а вместо пришедших в негодность дубликатов предприятие-держатель подлинников должно выслать новые дубликаты.

На одном предприятии не должны пользоваться одновременно подлинником и дубликатом или двумя и более подлинниками.

Технологическую документацию создают, учитывают, размножают и рассылают в соответствии с ЕСТД сотрудники технологического отдела головного предприятия-изготовителя. В составе этого отдела есть архив технологической документации, в котором хранят конструкторскую документацию на нестандартные средства технологического оснащения: штампы, пресс-формы, межоперационную тару, инструмент и т. п.

Компьютеризация инженерной деятельности, системная интеграция различных программных продуктов, используемых на предприятии, вносят существенную коррекцию в организацию системы учета, хранения и обращения технической документации. Более подробно эти вопросы рассмотрены в гл. 12 данного пособия.

### **9.3. Причины, правила и порядок внесения изменений в конструкторско-технологическую документацию**

Конструкторские и технологические документы на предприятии с точки зрения внесения изменений в известной степени можно считать независимыми, однако полной независимости их, конечно же, не существует.

Наиболее распространенная причина изменений, а точнее, группа причин связана с введением улучшений и усовершенствований:

- конструктивных;
- технологических;
- связанных со стандартизацией и унификацией.

Изменения могут быть вызваны внедрением и изменением стандартов, технических условий, а также условий поставки материалов и покупных изделий. Результаты испытаний также могут быть причиной изменений. И, наконец, изменения могут быть вызваны ошибками участников процесса разработки и подготовки производства.

Вносить изменения (в соответствии с ГОСТ 2.503–68) в КД имеет право только предприятие-держатель подлинников, а на этом предприятии — подразделение, выпустившее подлинники, или подразделение, ведущее контроль за изготовлением изделий в производстве.

Внесение изменений в КД должно производиться на основании "Извещения об изменении", утвержденного в установленном порядке. Формы первого и последующих листов "Извещения" приведены в ГОСТ 2.503–68. Аннулирование документов, которые утратили свою применимость и не могут быть использованы в дальнейшем, также производится на основании "Извещения".

"Предварительное извещение", на основании которого допускается вносить изменения в копии документов, находящихся в производстве, выпускают в тех случаях, когда:

- в документе обнаружена ошибка, которая может вызвать брак изделия. При этом даже допускается вместо выпуска "Предварительного извещения" немедленно вносить в копии необходимые исправления за подписью ответственного лица с последующим выпуском "Извещения";

– необходимо предварительно проверить предлагаемые изменения в производстве;

– необходимо предварительно подготовить производство.

Если после внесения в КД изменений нарушится конструктивная или эксплуатационная взаимозаменяемость изготавливаемых изделий с изделиями, изготовленными ранее, то вместо внесения изменений должны быть выпущены новые КД с новыми обозначениями.

Когда изменяемое изделие входит в состав нескольких изделий, возможность проведения изменений должна быть проверена для всех изделий. Если хотя бы для одного изделия изменение окажется неприемлемым, то должен быть выпущен новый документ с новым обозначением.

Любое изменение документа, вызывающее какие-либо изменения в других документах, должно сопровождаться одновременным выпуском извещений о внесении соответствующих изменений во все взаимосвязанные документы. В этом заключается одно из проявлений системного подхода [4]. Кстати, не следует забывать об этом при выполнении соответствующего раздела курсового проекта. По согласованию с руководителем проектирования в некоторых случаях достаточно ограничиться перечислением в тексте пояснительной записки необходимых "связанных" извещений.

Внесение изменений в подлинники в соответствии с содержанием "Извещения" должно в основном производиться зачеркиванием так, чтобы можно было легко прочитать зачеркнутое. Рядом с зачеркнутым проставляют новые данные. В кружке диаметром 5–8 мм за пределами графического изображения или текста наносят литеру изменения и соединяют этот кружок тонкой линией с изменяемым участком. Если для внесения изменений зачеркиванием места недостаточно, то изготавливают новый подлинник и присваивают ему новый инвентарный номер.

Если содержание изменения не умещается на первом листе, то его помещают на последующие листы, которые в отличие от первого листа могут быть формата большего А4.

Заполнение отдельных граф "Извещения" детально регламентируется ГОСТ 2.503–68. В частности, в одной из граф (графа 5) необходимо указать цифровое обозначение шифра изменения, связанного

с одной из причин, предусмотренных таблицей указанного ГОСТа. Например, введение конструктивных улучшений имеет шифр 1, а технологических — шифр 2 и т. д.

Изменение должно быть понято однозначно, поэтому содержание изменяемого участка документа приводится до и после внесения изменений с соответствующим указанием над ним: "Имеется" и "Должно быть".

"Предварительное извещение" сокращает срок внедрения изменений в производство и как временный документ оформляется на один КД и действует в производстве до его погашения извещением в течение трех месяцев с момента его выпуска. На один КД допускается одновременное действие не более четырех предварительных извещений. Для опытных образцов, в индивидуальном производстве и при подготовке производства срок действия может быть увеличен.

"Предварительное извещение" должно выпускать предприятие-держатель подлинников, однако допускается в целях сокращения сроков внедрения в производство их выпуск и предприятию-дублеру при условии последующего согласования с головным предприятием, которое может это извещение и не погасить (то есть не принять). Подлинники "Предварительного извещения" после погашения хранят вместе с "Извещением", которым оно погашено.

С кем необходимо согласовать изменения и в какой последовательности предприятие решает самостоятельно с учетом рекомендаций ГОСТа. Очевидно, что представителей заказчика на предприятии в эту цепочку надо обязательно включить.

После регистрации "Извещения" вносят изменения в подлинник и контрольную копию. Далее копии "Извещения" должны получить все пользователи учтенных копий КД.

## Глава 10

# ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ КОНТРАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

### 10.1. История контрактного производства в терминах

По изменению терминологии (см. приложение Б) можно проследить историю явления, ведь возникновение новых терминов всегда связано с какими-либо качественными преобразованиями<sup>1</sup>.

Словосочетание "контрактное производство" пришло в русский язык из английского в переводе вслед за заимствованным без перевода термином "аутсорсинг"<sup>2</sup>. Контрактное производство — это частный случай аутсорсинга — производственный аутсорсинг (использование производственных ресурсов стороннего предприятия). По существу, это знакомая всем с советских времен производственная кооперация предприятий: с головными исполнителями, подрядчиками и субподрядчиками.

Так почему же появляются и укрепляются новые термины?

Первая причина заключается в том, что основное отличие предприятий, называющих себя контрактными производителями, состоит в том, что они предлагают производственные услуги на свободном рынке, а не являются составной частью системы с четко распределенными в рамках установленной иерархии (подчинения) ролями, как в советское время. Использование новой терминологии можно рассматривать как один из способов подчеркнуть рыночные принципы деятельности.

Вторая причина — постепенная и неизбежная интеграция экономики России, а значит, и электронных предприятий в мировой рынок. Рынок контрактного производства за рубежом России уже сложился, и для участия в выполнении заказов зарубежных компаний нам нужно

---

<sup>1</sup>Покровский И. Контрактное производство электроники: история и термины // Электронные компоненты. ИД "Электроника", 2003. № 9. С. 17–19.

<sup>2</sup>outsourcing, англ. — выдаваемый.

понять и принять "правила игры" на этом рынке и терминологию, прежде всего.

ОЕМ-компаниями за рубежом обычно называют производителей оборудования под собственной торговой маркой. Желая подчеркнуть, что компания производит электронное оборудование, добавляют впереди букву E – Electronics. Примерами владимирских ОЕМ-компаний могут быть ОАО «Владимирский завод "Электроприбор"», ОАО «Владимирский завод "Автоприбор"», ФГУП «ВПО "Точмаш"», которые предпочитают работать в основном по бизнес-модели, изображенной на рис. 10.1.



Рис. 10.1. Традиционная бизнес-модель работы ОЕМ-компаний

Эта модель на уровне предприятия копирует модель "осажденной крепости", по которой жили Советский Союз и социалистические страны в условиях капиталистического окружения. Более того, этот подход воспроизводился и на уровне подразделений предприятий. Например, сборочные цеха с нежеланием закрывали свои участки по изготовлению печатных плат и сборке ячеек и кооперировались с вновь создаваемыми централизованными цехами печатных плат и централизованными участками сборки ячеек на базе автоматических линий поверхностного монтажа.

Традиционная бизнес-модель, еще достаточно часто встречающаяся в российских ОЕМ-компаниях, оказалась слишком громоздкой для эффективного управления и инертной в условиях быстро меняющегося рынка. Маркетинг, дизайн, производство и поставка компонентов, производство печатных плат, сборка ячеек, производство корпусов, сертификация, системная интеграция, продажа готовой продукции и послепродажное обслуживание (сервис) — все это абсолютно различные виды деятельности, требующие разных знаний, опыта, оборудования

и, самое главное — разной идеологии управления<sup>3</sup>. Успешно руководить всем этим конгломератом различной деятельности можно только в условиях низкой конкуренции, когда несовершенство нескольких этапов еще позволяет сохранить позиции на рынке. С развитием конкуренции как с местными производителями электроники, так и с зарубежными оптимизация каждого из этапов ведения бизнеса становится важнейшим фактором достижения успеха компании на рынке. С другой стороны, предприятия, осуществляющие один-два этапа производственной деятельности из перечисленных на рис. 10.1, быстро профессионализируются и достигают максимальной эффективности в своей узкой сфере деятельности.

Извечный вопрос: кто должен руководить OEM-компанией — электронщик, технолог, маркетолог или коммерсант? Очевидно, что любое из перечисленных решений — плохое. Если руководителем организации станет специалист в электронике, он обязательно сделает акцент на новых разработках, что само по себе замечательно, но эти разработки могут быть слабо востребованы рынком, производство может оказаться дорогим, организация рекламы и продажа готовой продукции также вряд ли будут успешными. Если руководителем станет технолог, производство будет дешевым и эффективным, остальное — нет. Маркетолог, которых у нас пока очень мало, прекрасно разбирающийся в рынке, создаст структуру, которая обнаружит действительные и грядущие потребности рынка, но успешно удовлетворить эти потребности вряд ли сможет. Коммерсант во главе предприятия сможет продать все, что производит компания, но успех такого бизнеса не может быть устойчивым и долговременным, так как продукция, скорее всего, не будет дешевой, качественной и отвечающей потребностям рынка. В чем же решение этой проблемы? В разделении компетенций, в контрактном производстве.

Принято считать, что первые изменения привнесли производители компьютерной техники (или IT-сектора). При бурном росте индустрии персональных компьютеров OEM-компании стали использовать мощности своих поставщиков комплектующих для сборки отдельных мо-

---

<sup>3</sup>Рудяк Б. Движущая сила российской электроники // Живая электроника России : Ежегод. сб. — М.: ИД "Электроника", 2005. С. 18–22.

дулей. Подобные заказы пользовались спросом, позже переросшим в популярный способ устранять сезонные производственные пики при помощи услуг сторонних компаний. Так возникли первые контрактные производители — СЕМ- и EMS-компании. При этом OEM-компании стали выступать в качестве заказчиков контрактного производства как производственной услуги, например по бизнес-модели, представленной на рис. 10.2.

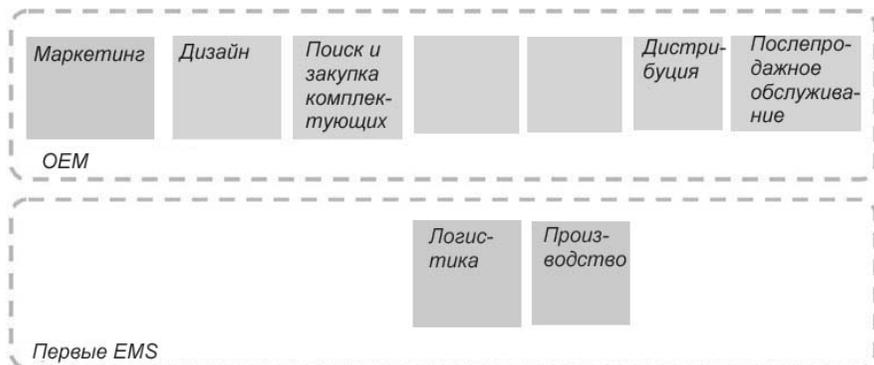


Рис. 10.2. Бизнес-модель EMS-варианта производственного аутсорсинга

Вслед за EMS-компаниями в конце прошлого века в странах Юго-Восточной Азии (ЮВА) появилось много узкоспециализированных компаний, разрабатывающих и производящих небольшую номенклатуру изделий IT-сектора и бытовой электроники. Благодаря узкой специализации и упорному труду эти компании добились высокого качества при низких ценах. Однако они не смогли расширить рынок сбыта до мировых масштабов из-за отсутствия развитой сети продаж и недостаточной известности своей торговой марки (бренда). В итоге появились соглашения о производстве разработанных изделий под марками известных OEM-производителей, а компании, оказывающие услуги по производству разработанных ими изделий под маркой OEM-заказчика, стали именовать ODM-компаниями (рис. 10.3).

Их не следует путать с R & D-компаниями, которые работают на рынке контрактных разработок, т. е. по заказу выполняют разработку новой продукции, и не оказывают производственных услуг.



Рис. 10.3. Бизнес-модель ODM-варианта производственного аутсорсинга

## 10.2. Динамика развития контрактных разработчиков и производителей ЭС

Главная причина интенсивного развития контрактных услуг во всем мире состоит в том, что новым предпринимателям, новым компаниям, приходящим на рынок, нет необходимости находить огромные средства и инвестировать их в создание полного производственного цикла от разработки до продажи, тратить на это время и дефицитные управленческие ресурсы. В результате резко снижается цена вхождения на рынок новых компаний. Не обремененные массой проблем, характерных для традиционных OEM-компаний, молодые компании демонстрируют максимальную гибкость и адаптивность к изменяющимся потребностям рынка, меняя при необходимости и контрактных партнеров. В свою очередь, современная бизнес-модель OEM-компания имеет вид, представленный на рис. 10.4.

Традиционным OEM-компаниям, уже имеющим полный цикл разработок и производства, очень трудно сделать заказ на разработку электроники или сборку печатных узлов другой компании, даже если другая компания это сделает лучше, дешевле и быстрее. "А как же наши инженеры и рабочие? Им же все равно платить надо, независимо от того, есть работа или нет?". Те же, кому нет необходимости поддерживать все свои производственные структуры, оказываются в выигрыше

не только по качеству, цене и срокам, но по гораздо меньшему объему ресурсов, необходимых для ведения предпринимательской деятельности.

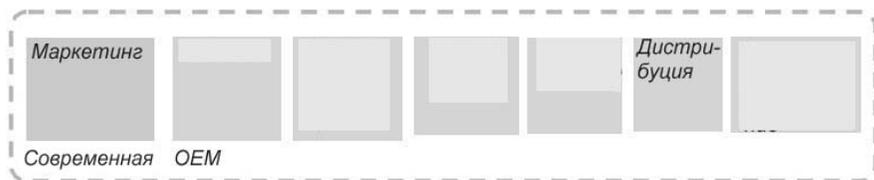


Рис. 10.4. Бизнес-модель современной OEM-компании

Относительно недавно в лексикон компаний и аналитиков, работающих на рынке контрактного производства, вошел новый термин — CDM-компании. Он появился благодаря ведущим EMS-компаниям, которые создали в своей структуре R&D-подразделения. Таким образом, они смогли предложить заказчику комплексную услугу, которая включает все этапы разработки новой продукции и серийного производства. CDM-компании помогают своим заказчикам быстрее преодолеть путь от идеи нового продукта до серийного производства.

Сегодня в России, по мнению аналитиков ИД "Электроника", уже есть достаточно профессиональные компании, занимающиеся поставками компонентов (дистрибьюторы), производством печатных плат, сборкой печатных узлов (ячеек), системной интеграцией и продажей готовой электроники. Недостаточно развиты маркетинговые организации, дизайн-центры и компании, занимающиеся производством корпусов. Эти области деятельности ждут своих новых предпринимателей, успех которых будет востребован другими участниками рынка, а весь рынок электроники получит дополнительную энергию развития.

Рынок контрактного производства в России растет за счет нескольких факторов:

- отказа российских производителей электроники (OEM-компаний) от кустарных технологий и размещение заказов у контрактных производителей;

- переноса заказов из ЮВА в Россию. После смены политического устройства в странах Восточной Европы было организовано массовое

производство электроники мировыми контрактными производителями. Однако после вхождения в Европейский союз себестоимость производства стала расти, и контрактные производители сегодня серьезно рассматривают дальнейшее движение на восток;

– увеличения объема заказов от промышленных, в том числе автомобилестроительных, предприятий.

### **10.3. Выбор контрактных разработчиков и производителей ЭС**

Изложенное выше вовсе не означает, что использование услуг контрактных производителей во всех случаях является целесообразным. Скорость, цена и качество, иными словами, производительность отдельных производственных процессов должны определять, стоит ли осуществлять этот процесс самостоятельно или следует обратиться к контрактному производителю. Также очень важно иметь в виду, какие ключевые компетенции компании следует развивать для успешной работы в той нише, в которой она планирует делать бизнес.

Сокращение времени выхода на рынок — очевидное преимущество контрактных разработок: вместо ограниченных возможностей собственного отдела разработок предприятие может использовать огромные ресурсы мирового рынка дизайнерских услуг<sup>4</sup>. Перевод части расходов из постоянных в переменные, связанные с реализацией конкретного проекта, облегчает планирование и управление реализацией проектов. Использование заказных разработок не отменяет необходимости в собственном отделе разработчиков. Услуги по разработке на заказ помогают оптимизировать штат разработчиков, более грамотно профилировать собственных специалистов.

Каждый производитель электроники периодически сталкивается с необходимостью использования технологий, которыми не владеют штатные разработчики. Наиболее распространенный вариант решения этой проблемы — дать указание своим разработчикам "освоить и реа-

---

<sup>4</sup>Оганов В. Разработки на заказ: спрос растет // Живая электроника России : Ежегод. сб. — М.: ИД "Электроника", 2005. С. 45–46.

лизовать". Этот вариант имеет несколько существенных минусов, главный из которых — непредсказуемость временных затрат и успешности освоения новых технологий. Другой вариант — пригласить на работу разработчика с необходимым опытом — приводит к "утяжелению" штата и не ускоряет процесс внедрения, поскольку потребуется время на интеграцию нового человека в сложившийся коллектив.

Настоящее конкурентное преимущество разработки рождается именно при взаимодействии внешнего специалиста, в совершенстве владеющего необходимой для решения элементной базой, и штатного разработчика, хорошо знающего область применения. При таком взаимодействии сторонний специалист помогает избежать ошибок и грамотно построить схему с точки зрения технической эффективности и технологичности, а штатный разработчик добавляет "ноу-хау", основанное на знании области применения и своем опыте.

Как правило, предложения по разработке на заказ исходят от компаний трех видов:

- OEM-компаний, имеющих избыточный отдел разработчиков;
- СЕМ-компаний, дополняющих свои услуги по контрактному производству услугами по разработке на заказ;
- дизайнерских компаний, не имеющих других доходов, кроме тех, что получены от продажи услуг по разработке на заказ.

Рынку заказных разработок в России пророчат большое будущее. Российские компании имеют достаточные ресурсы для реализации самых сложных проектов. Развитие рынка разработок на заказ позволяет объединить эти ресурсы и управлять ими в рамках проектов.

Большую роль в развитии контрактного производства играет происходящая в России смена поколений руководителей крупных предприятий-производителей электроники. Когда во главе предприятий оказываются менеджеры с рыночным мышлением и коммерческим опытом, то, не испытывая лжепатриотизма, они закрывают свои нерентабельные и технологически отсталые производства и передают заказ контрактному производителю. Подобные решения приводят к экономическому оздоровлению предприятия-заказчика и способствуют развитию российских контрактных производителей.

## Глава 11

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

### 11.1. Формализация описания технологических объектов

В обобщенной схеме автоматического управления технологическим процессом (объектом), содержащей такие блоки, как управляющее устройство, датчики (сенсоры), промежуточные и исполнительные устройства, наиболее важное место с точки зрения инженера-технолога занимает собственно технологический объект (процесс). Интерес к этому блоку определяется тем, что в соответствии с законами технической кибернетики, например с принципом Эшби (ограничения многообразия), эффективность автоматического управления зависит от объема и глубины наших знаний об управляемом объекте. Иными словами, можно "обвешать" управляемый объект большим количеством датчиков и исполнительных устройств, выбрать мощное (следовательно, более дорогое) вычислительное устройство и получить низкую отдачу от этих мероприятий, если степень определенности поведения объекта невысока. Если посмотреть на обобщенную схему с позиций разделения компетенций специалистов, то именно инженеры-технологи ответственны за определенность поведения технологического объекта (процесса).

Глубина знаний, в свою очередь, зависит от соотношения количественных и качественных изменений в приращении знаний. Качественные изменения в объеме знаний об объекте управления определяются прежде всего наличием и степенью адекватности математических моделей поведения объекта — математического описания реакций объекта на действие разнообразных внутренних и внешних факторов.

Моделирование, как известно, является способом познания окружающей действительности. Современный инженер на производстве ЭС сегодня вынужден всерьез озадачиться проблемой управления своими знаниями. Наивно полагать, что все необходимые знания получены в вузе, а остальное есть забота отдела подготовки кадров предприятия.

Столь же наивно думать, что необходимыми знаниями охотно поделятся коллеги-конкуренты с других предприятий или мы обнаружим недостающие знания в океане научных публикаций.

Из параллельных дисциплин специальности читателю известно, что в процессе разработки, подготовки и сопровождения (оптимизации) производства ЭС инженеры-конструкторы-технологи имеют дело с функционально-логическим, схемотехническим, физикотопологическим и технологическим моделированием ЭС<sup>5</sup>. Технологическое моделирование, в свою очередь, непосредственно связано с экономическим моделированием производственных процессов, которое позволяет сформулировать наиболее общие (с позиций производства) критерии оптимизации технологических объектов и систем управления этими объектами (процессами).

Для получения (генерации) математических моделей можно воспользоваться двумя взаимно дополняющими друг друга подходами. Первый путь обычно именуют формально-статистическим. Он привлекает внимание исследователя кажущейся простотой и доступностью. Как правило, широко распространенные математические пакеты программ типа MathCAD или MatLab способны предложить пользователю, располагающему результатами экспериментальных исследований технологического объекта, математическую модель поведения объекта (процесса) в виде достаточно абстрактных математических конструкций (полиномов, сплайнов, рядов и т.п.). При этом пользователь освобождается от необходимости вникать в детали генерации этих математических моделей, практически мгновенно получая результат. Как правило, структуры этих математических моделей и входящие в их состав переменные и константы не имеют физического смысла, но это обстоятельство не исключает использование моделей для управления технологическими объектами (процессами).

Математические модели, построенные с использованием формально-статистических методов, могут связывать математические ожидания (или фактические значения) аргумента (аргументов) с математическим ожиданием функции, а также дисперсию значений функции с дис-

---

<sup>5</sup>Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. — М.: Высш. шк., 1989.— 320 с.

персиями, соответствующими влиянию групп аргументов или отдельных аргументов.

Формально-статистические методы в определенной степени избавляют исследователя от выполнения процедуры генерации моделей, хотя всякого рода априорная информация в виде ранжирования факторов или каких-то математических соотношений, описывающих фрагменты технологического процесса, будет весьма полезна при построении математических моделей этими методами. В силу указанного достоинства формально-статистические методы достаточно популярны среди технологов-исследователей, тем более имеется много литературы как по общим вопросам математической статистики, так и по прикладным проблемам применения изучаемых методов в отдельных отраслях знаний.

Второй путь получил название причинно-физического подхода. В нем подчеркивается первостепенная важность формулировки и синтеза (генерации) математических моделей. Сторонники этого подхода считают, что задачу синтеза математической модели объекта в общем виде пока бессмысленно "поручать" компьютеру, а целесообразно использовать интеллект исследователя с широким допуском его к самой разнообразной (априорной) информации о технологии изготовления, физике и электронике ЭС. При этом в работе интеллектуального разработчика подразумевается не только действие сдерживающих факторов типа компромиссов "точность — сложность", но и выявление новых закономерностей, фундаментализация их описания. Взаимосвязь формальных и неформальных методов в синтезе модели и ее расчете — узел всех проблем адекватного математического моделирования и дальнейшей оптимизации параметров сложных объектов. Необходимы также обратные связи: расчет — экспериментальное подтверждение — новый расчет.

## **11.2. Многокритериальная оптимизация**

Первый уровень оптимизации состоит в выборе наилучшей технической идеи или принципа действия проектируемого объекта; второй — в поиске наилучшей структуры или схемы в рамках выбранного принципа

действия (структурная оптимизация); третий — в определении наилучших значений параметров для выбранной структуры (параметрическая оптимизация). Данное разделение на три уровня является условным, и строгой границы между ними провести невозможно. Оно необходимо для разграничения задач внешнего проектирования (первый уровень), отличающихся использованием эвристических методов, от задач внутреннего проектирования (второй и третий уровни), на которые в основном ориентировано математическое обеспечение современных САПР технологических процессов.

Под структурой технологической системы понимается совокупность элементов и взаимосвязей между ними. Оптимизация структуры предполагает изменение состава элементов и рассмотрение различных вариантов взаимосвязи между элементами с целью получения нового "системного" качества.

Оптимизация параметров и структуры предполагает наличие критериев оптимальности моделируемого объекта (процесса). Как правило, этих критериев бывает несколько и они в известной степени противоречат друг другу. Таким образом, на практике возникает необходимость в многокритериальной оптимизации технологических объектов в условиях противоречивости критериев.

Математическая свертка множества критериев (см., например, обеспечение технологичности конструкций, изложенное выше в гл. 2) позволяет как-то продвинуться в решении задачи оптимизации (сделать первые шаги), но вряд ли эксперименты с выбором вида свертки и весовых коэффициентов различных критериев смогут гарантировать достижение желаемого результата. В случае с оценкой технологичности по предлагаемой отрасли методике представляется аналогия с изобретением эрзац-денег в условиях, когда имеющие в обществе хождение деньги не выполняют свою задачу.

### **11.3. Особенности решения обратных некорректных задач**

Среди математических задач выделяется класс задач, решения которых неустойчивы к малым изменениям исходных данных. Они характеризуются тем, что сколь угодно малые изменения исходных данных

могут приводить к произвольно большим изменениям решений. Эти задачи принадлежат к классу некорректно поставленных задач<sup>6</sup>.

Если исходные данные известны приближенно, то упомянутая неустойчивость приводит к практической неединственности решения в рамках заданной точности и к большим трудностям в выяснении смысла получаемого приближенного решения. В силу этих особенностей долгое время считалось, что некорректно поставленные задачи не могут иметь практического значения.

Известен афоризм: "Чистая (классическая) математика делает то, что можно, так, как нужно; прикладная — то, что нужно, так, как можно". Решение некорректных задач является предметом именно прикладной математики.

К классу некорректно поставленных задач относятся, например, задачи создания систем автоматической обработки результатов эксперимента (включая интерпретацию), задачи оптимального управления и оптимального проектирования систем.

Задача определения решения  $z$  из пространства  $F$  по "исходным данным"  $u$  из пространства  $U$  называется корректно поставленной на паре метрических пространств  $(F, U)$ , если удовлетворяются требования (условия):

- 1) для всякого элемента  $u$ , принадлежащего пространству  $U$ , существует решение  $z$  из пространства  $F$ ;
- 2) решение определяется однозначно;
- 3) задача устойчива на пространствах  $(F, U)$ .

В математической литературе длительное время существовала точка зрения, согласно которой всякая математическая задача должна удовлетворять этим требованиям. Задачи, не удовлетворяющие перечисленным требованиям (хотя бы одному из них), называются некорректно поставленными (некорректными).

Если класс  $U$  исходных данных выбран "естественно" для рассматриваемой задачи, то условия 1 и 2 характеризуют ее математическую определенность. Условие 3 связывается с физической детерминирован-

---

<sup>6</sup>Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 1979.—288 с.

ностью задачи, а также с возможностью применения численных методов ее решения по приближенным исходным данным.

В качестве примера некорректно поставленной задачи можно рассматривать задачу поиска причин отклонения закона распределения от нормального закона в постановке А.Н. Бородачева [10]. Другим примером может быть задача дифференцирования функции, известной приближенно.

Возможность определения приближенных решений некорректно поставленных задач, устойчивых к малым изменениям исходных данных, основывается на использовании дополнительной информации относительно решения. Возможны различные типы дополнительной информации.

В первой категории случаев дополнительная информация может носить количественный характер, например, позволяет сузить класс возможных решений.

Во второй категории случаев для нахождения приближенных решений, устойчивых к малым изменениям исходных данных, используется лишь качественная информация о решении (например, информация о характере гладкости решения).

Один из методов решения обратных некорректных задач — подбор с минимизацией невязки. В этом случае решение обратной некорректной задачи сводится к оптимизации функционала невязки. Возможно также применение корреляционного критерия, который стремится к единице. Им могут быть коэффициент корреляции или корреляционное отношение.

Важным достижением в развитии теории решения обратных некорректных задач был предложенный академиком А.Н. Тихоновым способ так называемой регуляризации решения. Регуляризация решения по А.Н. Тихонову в первом приближении может быть интерпретирована с помощью шара в трехмерном пространстве или колеса в двумерном пространстве, которые при скатывании в овраг занимают вполне определенное положение на дне оврага в зависимости от своих размеров.

Регуляризацию по А.Н. Тихонову нельзя считать чем-то особенным, из ряда вон выходящим. В математике издавна приближенные значения производных вычислялись как разностные отношения. При

этом приращения аргументов брались не слишком малыми по сравнению с погрешностью значений функции.

Аналогично суммировались и ряды Фурье с приближенными коэффициентами. При этом в качестве приближенной суммы ряда брались частные суммы ряда с не слишком большим числом членов. Это была интуитивная регуляризация, регуляризация по здравому смыслу.

А.Н. Тихонов как бы узаконил (формализовал и математически обосновал) давно используемую регуляризацию по здравому смыслу. Под здравым смыслом, граничащим с искусством, можно понимать задание размера упомянутого выше колеса (шара).

#### **11.4. Идентификация математических моделей**

Задача идентификации, т.е. определение структуры и параметров объектов (систем) по наблюдениям, является одной из основных задач современной теории и техники автоматического управления. Эта задача возникает при изучении свойств и особенностей объектов с целью последующего управления ими либо при создании адаптивных систем, в которых на основе идентификации объекта вырабатываются оптимальные управляющие воздействия.

Современная теория идентификации предоставляет в распоряжение исследователя возможность широкого выбора настраиваемых моделей и критериев качества идентификации. К сожалению, какие-либо указания о выборе моделей, критериев и алгоритмов, кроме соображений простоты, отсутствуют.

Для решения задачи идентификации в рамках информационной теории идентификации необходимо<sup>7</sup>:

- 1) ограничить класс объектов;
- 2) выбрать для этого класса объектов настраиваемую модель, т.е. модель, параметры которой можно изменять;
- 3) выбрать критерий качества идентификации, характеризующий различие между выходными величинами объекта и модели;

---

<sup>7</sup>Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. – М.: Наука, Физматлит, 1995.–336 с.

4) сформировать алгоритм идентификации, который при использовании доступных для наблюдения значений входных и выходных величин, изменял бы параметры настраиваемой модели так, чтобы критерий качества идентификации достигал оптимума.

Выбор настраиваемых моделей и алгоритмов является, скорее, искусством, чем наукой. Есть определенный смысл также в "консервации" экспериментальных данных на будущее, если их получение связано с существенными затратами. Однако на практике новые экспериментальные данные, как правило, получают с большей точностью и в большем объеме (в смысле охвата большего числа наблюдаемых параметров), что собственно и создает объективные предпосылки для движения вперед наряду с предпосылками субъективными, которые определяются квалификацией и трудолюбием исследователей.

В определенном смысле можно вести речь о технологии получения новых знаний, если взять на вооружение методологию опровержения моделей экспериментальными данными. Это достаточно легко осуществить заданием граничного значения невязки, превышение которого в процессе идентификации свидетельствует об опровержении модели. Разумеется, опровергать существующие модели целесообразно, если исследователь предлагает свою оригинальную модель, которая при выбранном граничном значении невязки не может быть опровергнута.

## Глава 12

### ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

#### 12.1. Проблемы разработчиков и производителей ЭС, решаемые с помощью единого информационного пространства

В настоящее время на мировом рынке наукоемких промышленных изделий отчетливо наблюдаются три основные тенденции:

- повышение сложности и ресурсоемкости изделий;
- ужесточение конкуренции на рынке;
- развитие кооперации между участниками жизненного цикла (ЖЦ) изделия (в том числе создание "виртуальных предприятий" за счет привлечения контрактных разработчиков и производителей).

Вариант видения ситуации российской фирмой "Альфа-Интегратор БААН-Евразия" представлен на рис. 12.1.



Рис. 12.1. Мотивирующие факторы развития

Основной проблемой, стоящей сейчас перед отечественной промышленностью, является повышение конкурентоспособности выпус-

каемых изделий с учетом перечисленных тенденций. Добиться повышения конкурентоспособности изделия можно за счет:

- повышения степени удовлетворения требований заказчика;
- сокращения сроков создания изделия;
- сокращения материальных затрат на создание изделия.

Основной способ повышения конкурентоспособности изделия — повышение эффективности процессов его ЖЦ, т.е. повышение эффективности управления ресурсами, используемыми при выполнении этих процессов. В настоящее время существует большое количество методик, предназначенных для повышения эффективности управления ресурсами разного типа: материальными, финансовыми, кадровыми или информационными.

## **12.2. Компьютеризация информационных процессов**

В сфере компьютеризации информационных процессов отечественные предприятия находятся на разных стадиях перехода от так называемой "островной" автоматизации информационных процессов к формированию единого информационного пространства предприятия (ЕИП) (рис. 12.2).

Начало процессам формирования ЕИП положили интегрированные и модульные САД/САМ/САЕ-программные средства, или системы автоматизированного проектирования (САПР). В зависимости от возможностей, производственной ориентации и, разумеется, стоимости различают так называемые тяжелые, средние и легкие САПР.

На предприятиях и в профильных учебных заведениях владимирского региона популярны тяжелые САПР Pro/ENGINEER, Mentor Graphics, средние САПР SolidWorks, PCAD, Protel (Altium Designer), Компас (продукт российской фирмы АСКОН), T-Flex (продукт российской фирмы ТОП-системы), легкие САПР AutoCAD (начальные версии), Компас (начальная 2D-версия) и др.

Если легкие САПР есть не что иное, как средства компьютерного черчения (2D-моделирования), основанные на классическом переходе

от 2D- к 3D-модели будущего изделия, то тяжелые САПР вообще ставят под сомнение необходимость работы с 2D-моделями, ориентируясь на автоматизированное DNC-оборудование, которое способно изготовить детали будущего изделия без конструкторской документации в общепринятом пока бумажном исполнении. Поэтому пользователю сразу предлагается создать 3D-модель будущего изделия. Между этими полюсами, как показало время, весьма удачно позиционируются средние САПР, предложившие модульный принцип формирования программных средств конечного пользователя, обеспечивающий в большинстве случаев оптимальное соотношение цена—качество (возможности).

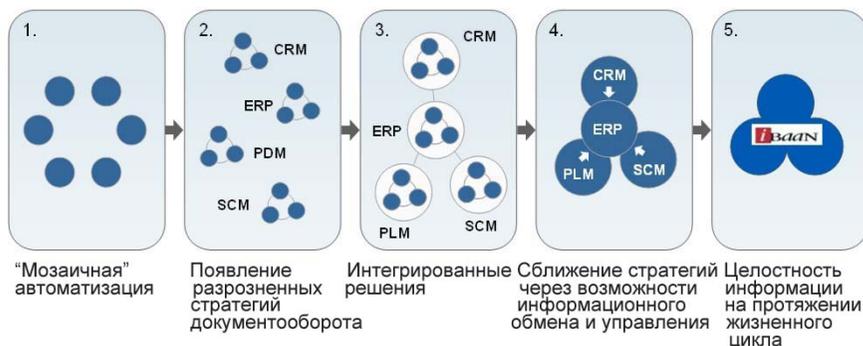


Рис. 12.2. Стадии формирования ЕИП

Специфика электронных и мехатронных средств в отличие от чисто машиностроительной продукции заключается в том, что для их создания и соответственно подготовки производства необходим более широкий спектр программных средств класса CAD/CAM/CAE. В связи с этим различают E-CAD/CAM/CAE-средства компьютерной разработки, подготовки и сопровождения производства электронных средств и M-CAD/CAM/CAE-продукты для работы с неэлектронными изделиями. На практике при создании сложных электронных и мехатронных изделий возникает необходимость объединения возможностей имеющихся в распоряжении пользователя программных средств.

### 12.3. Системная интеграция программных продуктов

Первая часть термина "CALS" (Continuous Acquisition) означает постоянное повышение эффективности (развитие) как самого изделия, так и процессов взаимодействия между поставщиком и потребителем изделия в течение его ЖЦ.

Вторая часть термина "CALS" (Life cycle Support) обозначает путь такого развития: внедрение новых организационных методик разработки изделия, например параллельного проектирования или междисциплинарных рабочих групп. Это увеличит инвестиции на этапах создания и модернизации изделия, но позволит более полно учесть потребности заказчика и условия эксплуатации, что, в свою очередь, приведет к снижению затрат на этапах эксплуатации и обслуживания изделия и в конечном итоге к сокращению затрат на весь ЖЦ изделия.

Можно выделить две основные проблемы, стоящие на пути повышения эффективности управления информацией. Во-первых, с ростом сложности изделий и применением для их разработки современных компьютерных систем значительно возрастает объем данных об изделии. При этом прежние методы работы с данными уже не позволяют обеспечивать их точность, целостность и актуальность при сохранении приемлемых временных и материальных затрат. Во-вторых, увеличение количества участников проекта по разработке изделия (особенно в случае виртуального предприятия) приводит к возникновению серьезных проблем при обмене информацией между участниками из-за наличия между ними коммуникационных барьеров (например из-за несовместимости компьютерных систем).

Путь реализации концепции CALS содержится в стратегии CALS, предполагающей создание единого информационного пространства (ЕИП) для всех участников ЖЦ изделия (в том числе эксплуатирующих организаций). ЕИП должно обладать следующими свойствами:

- Вся информация представлена в электронном виде.
- ЕИП охватывает всю информацию, созданную об изделии.
- ЕИП является единственным источником данных об изделии (прямой обмен данными между участниками ЖЦ исключен).

■ ЕИП строится только на основе международных, государственных и отраслевых информационных стандартов.

■ Для создания ЕИП используются программно-аппаратные средства, уже имеющиеся у участников ЖЦ.

■ ЕИП постоянно развивается.

Стратегия CALS предусматривает двухэтапный план создания ЕИП:

■ Автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление данных на них в электронном виде.

■ Интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, уже представленных в электронном виде, в рамках ЕИП.

Основными преимуществами ЕИП являются:

■ Обеспечение целостности данных.

■ Возможность организации доступа к данным географически удаленных участников ЖЦ изделия.

■ Отсутствие потерь данных при переходе между этапами ЖЦ изделия.

■ Изменения данных доступны сразу всем участникам ЖЦ изделия.

■ Повышение скорости поиска данных и доступа к ним по сравнению с бумажной документацией.

■ Возможность использования различных компьютерных систем для работы с данными.

ЕИП может быть создано для организационных структур разного уровня: от отдельного подразделения до виртуального предприятия или корпорации. При этом различается и эффект, получаемый от создания ЕИП.

При реализации стратегии CALS используются три группы методов, называемых CALS-технологиями:

– технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов — набор организационных методов реструктуризации способа функционирования предприятия с целью повышения его эффективности. Эти технологии нужны для того, чтобы корректно перейти от бумажного документооборота к электронному и внедрить новые методы разработки изделия;

– технологии представления данных об изделии в электронном виде — набор методов для представления в электронном виде данных об

изделии, относящихся к отдельным процессам ЖЦ изделия. Эти технологии предназначены для автоматизации отдельных процессов ЖЦ (первый этап создания ЕИП);

– технологии интеграции данных об изделии — набор методов для интеграции автоматизированных процессов ЖЦ и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде, в рамках ЕИП. Эти технологии относятся ко второму этапу создания ЕИП. При автоматизации отдельных процессов ЖЦ изделия используются существующие прикладные программные средства (САПР, АСУП и т.п.), однако к ним предъявляется важное требование — наличие стандартного интерфейса к представляемым им данным. При интеграции всех данных об изделии в рамках ЕИП применяются специализированные программные средства — системы управления данными об изделии (PDM - Product Data Management). Задачей PDM-системы является аккумулирование всей информации об изделии, создаваемой прикладными системами, в единую логическую модель. Процесс взаимодействия PDM-системы и прикладных систем строится на основе стандартных интерфейсов. Стандартные интерфейсы взаимодействия компьютерных систем можно разделить на четыре группы:

– функциональные стандарты. Задают организационную процедуру взаимодействия компьютерных систем; пример: IDEF0;

– стандарты на программную архитектуру. Задают архитектуру программных систем, необходимую для организации их взаимодействия без участия человека; пример: CORBA;

– информационные стандарты. Задают модель данных об изделии, используемую всеми участниками ЖЦ; пример: ISO 10303 STEP;

– коммуникационные стандарты. Задают способ физической передачи данных по локальным и глобальным сетям; пример: Internet-стандарты.

Поскольку потребитель тоже является полноправным участником ЖЦ изделия, необходимо обеспечение для него доступа в ЕИП. Однако использование для этих целей PDM-системы нецелесообразно в силу ее большой стоимости и значительного срока внедрения и освоения. К тому же, если потребитель эксплуатирует изделия от разных поставщиков, ему придется иметь дело с разными ЕИП и соответственно разными

ми PDM-системами. Учитывая это, а также то, что потребителю необходимы только эксплуатационные данные об изделии, в качестве средства доступа к ЕИП он будет использовать не PDM-систему, а интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР). ИЭТР разрабатывается поставщиком, обеспечивает доступ потребителя к эксплуатационной информации об изделии в ЕИП и имеет стандартный интерфейс пользователя (например согласно MIL-M-87268), что позволяет сотрудникам эксплуатирующей организации одновременно обслуживать изделия от разных поставщиков.

В основе CALS-технологий лежит совокупность стандартов STEP (Standard of Exchange of Product Data). Это совокупность стандартов под общим номером ISO 10303, определяющих средства описания (моделирования) промышленных изделий на всех стадиях жизненного цикла. Благодаря стандартам различные прикладные системы автоматизированного проектирования (САПР) могут беспрепятственно обмениваться данными о типовых компонентах.

Созвучный CALS термин CASE имеет два значения-перевода (Computer Aided System Engineering и Computer Aided Software Engineering) и применяется в основном в области автоматизации разработки программного обеспечения сложных электронных средств. CASE-системы представляют собой инструментальные среды создания прикладного программного обеспечения, реализующие RAD-методологию быстрого создания приложений (Rapid Application Development) при адаптации программного обеспечения САПР к задачам пользователя.

## Глава 13

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ В РОССИИ

### 13.1. Основные сдерживающие факторы

В 2002 г. агентство "Future Horizons Inc.", исследуя рынок высоких технологий в России, назвало четыре причины низких темпов его роста<sup>8</sup>, расположив их в следующей последовательности:

1. *Интеллект, как важнейший ресурс, слишком мобилен для того, чтобы обеспечить устойчивое развитие.*

2. *Национальная промышленность не способна монополизировать рынок.*

3. *У российских предпринимателей недостаточно опыта в рыночных стратегиях.*

4. *Большинство российских предприятий не имеют долгосрочных планов развития.*

Перечисленные причины в полной мере могут быть отнесены к отечественной технологии электронных средств (ЭС).

Первая причина означает, что для российской электроники будущее наступит, если в поединке за интеллект государству удастся:

– взять на работу критическую массу образованных и талантливых людей. Уже понятно, что России необходима совершенная модель "государство—предприниматель". Государство и бизнес по отдельности вряд ли способны предложить систему распознавания: где на мировом рынке стоит сотрудничать, а где конкурировать;

– отстоять самое конкурентоспособное звено российской электроники — корпус разработчиков, усилив его лучшими менеджерами.

Вторая перечисленная причина предполагает рост количества средних и крупных компаний (в том числе за счет процессов слияний-поглощений), готовых активно искать и осваивать новые ниши, которые со временем могут превратиться в крупные рынки.

---

<sup>8</sup>Симкин Я. Время тонких настроек // Живая электроника России : Ежегод. сб. – М.: ИД "Электроника", 2005.– С. 39–40.

Третья причина означает, прежде всего, отставание образовательной системы от нужд российской экономики — это глобальная государственная задача. Динамика развития электроники в мире диктует неконсервативный подход к управлению знаниями тех, кто работает сегодня.

Четвертая причина означает, что, с одной стороны, долгосрочные планы развития — следствие промышленной политики государства, включая политику региональных властей, а с другой стороны, чтобы думать о долгосрочной конкурентоспособности, нужны амбиции и предпринимательская напористость.

В деловой прессе приводились результаты исследований, согласно которым 80 % руководителей отечественных предприятий считают себя вполне конкурентоспособными, в то время как зарубежные рейтинговые агентства ставят российских производителей на места ниже 50-го. В последнее время чаще говорят об отходе собственников-предпринимателей от управления или продаже бизнеса (проблема ложных банкротств), чем об амбициозных задачах и уникальных стратегиях. А проектный вакуум — плохое "топливо" для интеллекта.

## 13.2. Элементная база ЭС вчера, сегодня и завтра

Темп роста рынка электронных компонентов в России<sup>9</sup> в 2005 г. сохранился на прежнем уровне (20 %), а емкость этого рынка приблизилась к 1,3 млрд дол. Это значительно выше, чем в Европе, где в последние годы при росте ВВП около 2 % рост рынка электроники составляет в среднем 6 %, а в США при среднем росте ВВП 4 % рост рынка электронных компонентов в 2005 г. составил 10 %.

Россия движется в одном темпе с Китаем, где ежегодный рост ВВП составляет 7 %, а рынок электронных компонентов растет на те же 20 % в год, что и в России. Только Китай — это почти 50 % мирового рынка электронных компонентов, а Россия — 0,5 %. Значит, каждый шаг китайского рынка в 100 раз больше, чем российского.

---

<sup>9</sup>Покровский И. Российский рынок электронных компонентов в 2005 г. // Живая электроника России : Ежегод. сб. — М.: ИД "Электроника", 2006.— С. 15–17.

Производство электронных средств в России развивается, и вопрос: быть или не быть российской электронике с точки зрения аппаратуры? — вроде бы снят. А вот на вопрос: быть или не быть российской элементной базе? — ответ пока не получен, и высказываются сомнения, нужна ли она, российская элементная база.

Во-первых, слухи о гибели российской промышленности электронных компонентов слегка преувеличены. Не является секретом, например, что известный зеленоградский завод "Ангстрем" обеспечивает часовыми микросхемами почти весь китайский рынок.

Для того чтобы оценить проблемы и перспективы развития отечественной промышленности электрорадиокомпонентов, обратимся к предельно упрощенной модели рынка электроники — финансово-электронной пирамиде<sup>10</sup>. Широкое основание, фундамент — это наибольший по объему финансовый рынок электронных средств (аппаратуры), так называемый нулевой уровень. Выше, на первом уровне, с объемом в 10–15 раз меньшим — элементная база, еще выше на верхнем втором уровне с объемом еще в 10–20 раз меньшим — материалы для производства аппаратуры и элементной базы.

Чем ближе к фундаменту пирамиды, тем ниже входной барьер на рынок, тем меньше требуется "критическая" масса предприятия, жизнеспособного на имеющихся рынках, — финансовые возможности, научный потенциал, сложность организационной структуры, численность и квалификация персонала. При движении от фундамента к вершине структура предприятия усложняется, численность персонала возрастает, появляются в структуре весьма разнородные звенья — лаборатории спектрального анализа, физики твердого тела, химические лаборатории и т. д. Одновременно возрастают роль и затраты на поддержание и модернизацию технологий, в том числе и затраты на оборудование.

Получается, что чем выше мы поднимаемся, тем больше влияния мы можем оказать на рынок в целом, но тем больше требуется инвестиций и времени на становление бизнеса данного уровня. Принципиальной для решения об инвестициях в производство компонентов является оценка размеров рынка, на который эти предприятия (по производству

---

<sup>10</sup> Гончаров А. Российская элементная база. Быть или не быть? // Живая электроника России : Ежегод. сб. — М.: ИД "Электроника", 2006. — С. 45–47.

компонентов) будут опираться в рамках пирамидальной модели.

В такой ситуации аналитики видят два пути для инвестиций в российское производство компонентов:

1) относительно небольшие инвестиции в производство компонентов средней и невысокой технологической сложности для внутреннего рынка в основном для нужд оборонной промышленности;

2) большие инвестиции в контрактное производство высокотехнологичных компонентов на экспорт, что определяется, безусловно, степенью привлекательности (или хотя бы предсказуемости на обозримое будущее) российской экономики для зарубежных инвесторов.

### **13.3. Перспективы развития производства ЭС**

Ситуация в российском производстве электронных средств достаточно неопределенна. Разные источники заявляют о ежегодном росте объемов производства российской электроники в пределах 8–20 %. Достоверного представления о российском производстве не имеет никто, а следовало бы иметь.

Приближенные оценки получены профессором А.М. Медведевым из следующих соображений. За 2004 г. имеются данные по объему поступления компонентов в российское производство. Отечественных компонентов было закуплено на 220, а зарубежных — на 805 млн дол. Если учесть, что на 1 дол. закупленных компонентов создается 20–24 дол. электронной продукции, то российское производство электроники можно приблизительно оценить в 23 млрд дол.

Не стоит надеяться на то, что локомотивом развития электроники может стать военно-промышленный комплекс (ВПК). Интересно, что американские военные считают, что самая боеспособная и оснащенная армия в мире (разумеется, после США) у Японии. А у этой страны вообще нет военно-промышленного комплекса в нашем понимании. Могушество этой страны, в том числе военное, основано только на гражданских отраслях промышленности, которые при необходимости быстро могут стать военными, т.е. конкурентоспособность = обороноспособность.

Прежде чем говорить о выборе стратегии российских компаний, работающих в области электроники, необходимо, по мнению Б.А. Рудяка<sup>11</sup> — одного из инициаторов издания с 1998 г. ежегодника "Живая электроника России", рынок электронного оборудования разделить на три области, в каждой из которых методы достижения успеха сильно отличаются.

Во-первых, это область потребления электроники, недоступная или малодоступная зарубежным конкурентам, — закрытые или полузакрытые рынки, все, что связано с безопасностью: военная техника, ядерная энергетика, различные системы охраны и безопасности, специальной связи. По некоторым оценкам, эта часть рынка охватывает сегодня приблизительно 20 — 25 % всей электроники, производимой в стране, и с увеличением военного бюджета, по всей вероятности, будет расти. Ценность этой области в том, что конкуренция здесь низка, а норма прибыли высока. Характерны высокие требования к качеству (прежде всего надежности) продукции и к ритмичности поставок.

Однако вряд ли правильно работать только или в основном на закрытых рынках. Компании, сориентированные на обслуживание специфических закрытых сегментов рынка, вряд ли смогут быть конкурентоспособными на открытых рынках. Государственный или чиновничий протекционизм позволяет компаниям добиваться успехов, но как только этот протекционизм исчезает из-за смены политики или чиновника, другие участники рынка, выжившие в менее благоприятных рыночных условиях, начинают теснить своих потерявших поддержку сверху конкурентов.

Во-вторых, это область электроники, которая массово производится за рубежом и где российским производителям приходится жестко конкурировать с импортным товаром. Эта часть рынка самая большая, и на российском рынке здесь доминируют зарубежные транснациональные компании.

Основные компетенции, востребованные в данной области, — те, которые в малой степени востребованы на закрытых рынках: умение минимизировать себестоимость продукции, умение "думать глобаль-

---

<sup>11</sup> Рудяк Б. Движущая сила российской электроники // Живая электроника России : Ежегод. сб. — М.: ИД "Электроника", 2005. — С. 18–22.

но, действовать локально", это весь комплекс маркетинговых знаний и умений.

Третья область — это область инноваций, новая электроника, потребительские качества которой значительно отличаются от массовых производимых моделей. Здесь нужно уметь либо предугадывать, либо создавать спрос. Это область престижа как для компаний, так и для страны в целом.

Компетенции, востребованные в данной области, — нестандартность мышления, умение создавать и управлять творческими группами и вера в успех.

По мнению Б.А. Рудяка, руководство компаний должно определить величину своего присутствия на трех перечисленных рынках, и наилучшим для компаний было бы их соотношение 30 : 60 : 10, что сегодня могут позволить себе достаточно развитые компании.

Бликие цифры привел в своем докладе на 2-й Всероссийской конференции "Контрактное производство электроники" профессор Московского авиационного института, президент Гильдии профессиональных технологов приборостроения А.М. Медведев<sup>12</sup> — 20 : 70 : 10.

Будущее российской электроники окажется безрадостным, если его будут формировать люди с неконкурентоспособным мировоззрением. А пока многие руководители обращаются к государству с призывами об увеличении финансирования и господдержки их неконкурентоспособного мировоззрения.

И, наоборот, перспектива у предприятия появится тогда, когда конкурентоспособное мировоззрение руководителей предприятия будет разделять большинство работников.

Финансирование российской электроники бессмысленно в условиях отсутствия четко работающих законов. Начинать нужно<sup>13</sup> с разработки и принятия правительственных программ, направленных на развитие и поддержку предпринимательства, пересмотра норм таможен-

---

<sup>12</sup>Медведев А. Производство электроники в России (по состоянию на первое полугодие 2005 г.) : Сб. материалов 2-й Всерос. конф. "Контрактное производство электроники". — М.: ИД "Электроника", 2005. С. 8–14.

<sup>13</sup>Верник П. Восточный подход и системное мышление // Живая электроника России : Ежегод. сб. — М.: ИД "Электроника", 2005. С. 40–41.

ных пошлин и налоговых сборов, возврата НДС при экспорте продукции.

Одна из проблем, которую необходимо решить в ближайшие годы российским компаниям, — это научиться платить налоги. Неизбежность "оптимизации" налогообложения в относительно недавние времена, когда НДС был 28 %, а импортные пошлины на микросхемы — 60 %, являло одно из основных неблагоприятных обстоятельств предпринимательства наряду с криминалитетом. Снижение налогов приведет к тому, что уплата всех налогов для предпринимателя станет выгоднее, чем "оптимизация". Умение вести "белый" бизнес в ближайшие годы может стать конкурентным преимуществом компаний перед теми, которые этого делать не умеют. Кстати, это проблема отечественных компаний, у зарубежных ее просто нет. С другой стороны, государству крайне необходимо научиться возвращать переплаченные бизнесом и людьми налоги, и главное в этой области — научиться возвращать компаниям НДС при экспорте продукции. Обида на государство из-за невыполнения им своих обязательств не стимулирует бизнес выполнять свои обязательства перед государством. От этого проигрывают обе стороны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предпринята попытка относительно краткого и в то же время систематизированного изложения вопросов технологической подготовки и инженерного сопровождения электронных средств с учетом реалий современности: интеграции российской электроники в мировое разделение труда, появления контрактных разработчиков и производителей, компьютеризации инженерной деятельности, включая системную интеграцию программных продуктов в рамках CALS-концепции.

Автор отдает себе отчет в том, что противоречивые требования к содержанию учебного пособия создают предпосылки определенного субъективизма в отборе и изложении материала, поэтому с благодарностью воспримет критические замечания в свой адрес. Их можно направлять в издательство Владимирского государственного университета (см. с. 88) и лично автору по электронной почте *krylov\_vp@mail.ru*.

Автор считает своим долгом выразить признательность информационным партнерам — фирмам "Альфа-Интегратор БААН-Евразия", "Solid Works Russia", "Электрон-Сервис-Технология", Издательскому дому (ИД) "Электроника", ИД "Файнстрит", Институту геоинформационных технологий Ивановского государственного энергетического университета за предоставленную информацию о последних достижениях в области подготовки и сопровождения производства электронных средств. Положительное влияние на качество работы оказало многолетнее сотрудничество с технологическим отделом ОАО «Владимирский завод "Электроприбор"», а также с другими предприятиями.

Автор благодарен за поддержку, предоставленные материалы и критические замечания А.М. Медведеву, Л.М. Самсонову, В.К. Дерягину и М.К. Зайцеву.

Приведенные ниже вопросы и задания нацелены на формирование творческого подхода к изучению проблем технологической подготовки и сопровождения производства электронных средств.

## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Назовите основные компоненты системы технологической подготовки производства электронных средств.
2. Как связаны основные функции СТПП со структурой системы стандартов ЕСТПП?
3. Каковы критерии выбора технологического оборудования?
4. Какие конкурентные преимущества дает применение семейств оснастки? Как выбрать оптимальное семейство оснастки?
5. Что такое информационная графическая модель и как ее можно использовать для управления процессом технологической подготовки производства?
6. Чем оснастка нулевой очереди отличается от оснастки первой очереди?
7. Почему необходимо оптимизировать межцеховые технологические маршруты?
8. Сущность и пути разрешения противоречий в процессе материального и трудового нормирования технологических процессов.
9. В чем заключаются особенности постановки на производство покупной (заказной) разработки?
10. Чем обусловлены перспективы использования ГИС для разработки технологических планировок?
11. В чем заключается инженерное сопровождение производства?
12. Каковы причины и пути развития контрактного производства?
13. Сравните основные способы получения математического описания технологических объектов.
14. В чем состоят особенности решения обратных некорректных задач?
15. Каким образом идентификация математических моделей способствует получению новых знаний о технологических объектах?
16. В чем заключается CALS-концепция?
17. Чем обусловлено многообразие путей формирования единого информационного пространства предприятия?
18. Ваши предложения по преодолению основных факторов, сдерживающих развитие российской электроники.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Рекомендации по оформлению курсового проекта

##### Пример задания на курсовой проект

Тема проекта: технологическая подготовка производства изделия (в скобках или в кавычках указывается наименование изделия)

Срок сдачи законченного проекта: декабря 200 г.

##### *Исходные данные*

1. Комплект конструкторской документации (КД) (чертежи и пояснительная записка) на изделие.

*Примечание.* Это, как правило, разработка, выполненная студентом в 8-м семестре по курсам "Информационные технологии проектирования ЭС", "Конструирование РЭС". Однако возможно использование "чужой" разработки в качестве компонента исходных данных. И наконец, наиболее предпочтительным вариантом следует считать заказ промышленного предприятия (фирмы) на подготовку производства изделия, разработанного фирмой.

2. Условия эксплуатации изделия (см. комплект КД).

3. Тип производства — мелкосерийное, например, характерное для ОАО «Владимирский завод "Электроприбор"». Может быть указан и другой тип производства при условии, что исполнителю доступна развернутая характеристика технологических возможностей и ограничений предприятия (предприятий).

4. Наименование фрагмента информационной графической модели: (далее указывается номер функции или задачи СТПП в соответствии с РД4.091.001-87. Этот документ доступен в электронном виде).

### *Содержание пояснительной записки (ПЗ)*

1. Анализ задания на проектирование и разработка ТЗ на фрагмент информационной графической модели.
2. Обеспечение технологичности конструкции изделия.
3. Разработка технологических маршрутов изготовления деталей и технологического процесса сборки изделия с материальным и трудовым нормированием операций.
4. Выбор и (или) разработка средств технологического оснащения.
5. Обоснование выбора контрольных точек и средств технологического контроля. Технологическая планировка участка.

### *Содержание графической части (ГЧ)*

1. Информационная графическая модель.
2. Документация по изменению конструкции.
3. Чертежи средств технологического оснащения (при необходимости).
4. Технологическая планировка производственного участка.

### *Рекомендуемый график работы над проектом*

1. Выполнить п.1 ПЗ и п.1 ГЧ – 20 % общей трудоемкости.
2. Выполнить п.2 ПЗ и п.2 ГЧ – 20 % общей трудоемкости.
3. Выполнить пп. 3, 4 ПЗ и п.3 ГЧ – 20 % общей трудоемкости.
4. Выполнить п.5 ПЗ и п.4 ГЧ – 20 % общей трудоемкости.
5. Оформление и сдача на проверку – 20 % общей трудоемкости.

### **Рекомендации по оформлению курсового проекта**

1. Пояснительную записку к курсовому проекту оформляют в соответствии со стандартом ВлГУ по оформлению дипломных и курсовых проектов.
2. Все листы пояснительной записки должны быть надежно скреплены (подшиты с помощью скоросшивателя либо тесемок). После титульного листа подшивают задание на курсовой проект, которое не учитывают в общей нумерации листов. После задания идет первый лист с

содержанием и основной надписью для первого листа конструкторско-технологических текстовых документов.

3. В содержании указывают номера и названия разделов и подразделов с указанием начальных страниц. После заключения и списка литературы в содержании подробно перечисляют приложения с указанием начальных страниц. Это означает, что в пояснительной записке должна быть сквозная нумерация всех листов, включая подшитые листы чертежей форматов более А4, каждый из которых нумеруется как один лист. Общее число листов указывают в основной надписи первого листа в графе "листов". Номера листов при сквозной нумерации должны быть проставлены на всех листах одинаково, включая технологические текстовые и графические документы, т.е. сквозные номера листов должны легко читаться при перелистывании пояснительной записки.

4. Сквозная нумерация не исключает и не заменяет, например, нумерацию в пределах многостраничных технологических и иных документов (технологические карты, извещения об изменении и т. п.), которую проставляют в соответствии с правилами ЕСТД, ЕСКД и прочих нормативных документов в соответствующих графах этих документов.

5. В справочных приложениях могут быть воспроизведены отдельные документы из комплекта конструкторской документации, если на них есть ссылки в тексте ПЗ, например, по ходу расчета технологичности конструкции может понадобиться сборочный чертеж и т. п.

## Некоторые термины современного производства ЭС

**ИПИ** — информационная поддержка изделия в течение всего жизненного цикла (см. CALS).

**ГИС** — геоинформационная система, развивающаяся в сторону автоматизированных систем пространственного моделирования.

**CAD — Computer Automated Design** — компьютерное автоматизированное проектирование.

**CAE — Computer Automated Engineering** — компьютерная автоматизация инженерных расчетов.

**CALS — Continuous Acquisition and Life cycle Support** — переводится как "непрерывное развитие и поддержка ЖЦ" и символизирует две основные идеи, реализующие задачу CALS.

**CAM — Computer Automated Modelling** — компьютерная автоматизированная подготовка (моделирование) производства.

**CAT — Computer Automated Testing** — компьютерное автоматизированное тестирование (контроль).

**CEM (Contract Electronics Manufacturer)**, или СЕМ-компания. Так именуют контрактного производителя электроники, который предоставляет отдельные производственные услуги, такие как изготовление печатных плат, монтаж компонентов на платы. Этот термин, однако, не распространяется на предприятия микроэлектроники (полупроводникового производства). Для них существует другой специальный термин: FАВ, или foundry (см. ниже).

**CPC — Collaborative Product Commerce** — управление корпорацией.

**CRM — customer relations management** — управление сбытом.

**Design center.** Компания, предоставляющая услуги по разработке, дизайн-центр.

**Distributor.** Дистрибьютор — компания, которая покупает и продает электронные компоненты как оптом, так и в единичных количествах по заказам компаний-потребителей. Дистрибьюторы могут

быть официальными, эксклюзивными, неэксклюзивными, независимыми, глобальными, локальными, стоковыми, т.е. создающими склад электронных компонентов для свободной продажи.

**DNC — digital numeric control** — числовое программное управление (ЧПУ).

**EDM — enterprise data management** — управление инновациями (развитием).

**EMS (Electronics Manufacturing Services)**, или EMS-компания. Этот контрактный производитель электроники предоставляет комплексные производственные услуги. Заказчики такой услуги, например OEM-компании, передают EMS-компаниям техническую документацию и затем получают готовые к продаже изделия.

**ERP — enterprise resource planning** — управление ресурсами предприятия (в недалеком прошлом АСУП — автоматизированные системы управления производством).

**FAB (fabrication), foundry, Semiconductor Foundry**, или фаундри-компания. Это предприятие, предоставляющее услуги по производству интегральных схем и полупроводниковых приборов, т.е. контрактный производитель полупроводниковых компонентов, в том числе для фирм, не имеющих собственной производственной базы.

**Fabless Semiconductor Company, Fabless design**, или фаблесс-компания. Это разработчик полупроводниковых компонентов, не имеющий собственной производственной базы и заказывающий их изготовление упомянутым выше фаундри-компаниям. Эти фирмы именуют также Intellectual Property (IP) firms, поскольку их основным активом являются лицензии, патенты, технологические идеи и другие формы интеллектуальной собственности.

**ODM (Original Design Manufacturer)**, или ODM-компания. Так называют контрактного производителя электроники, который выпускает изделия собственной разработки под маркой заказчика и сохраняет права собственника на разработки. Эти предприятия могут осуществлять производство идентичных изделий под различными торговыми марками для разных ODM-компаний.

**OEM (Original Equipment Manufacturer)**, или OEM-компания. Это предприятие, поставляющее продукцию под своей торговой мар-

кой. До появления контрактного производства электронных средств эти предприятия были весьма распространены и работали по традиционной бизнес-модели, в рамках которой они все для себя делали сами: маркетинг, дизайн, закупку комплектующих и материалов, организовывали серийное производство, продажи и послепродажное обслуживание.

**PDM — product data management** — управление документооборотом изделия.

**PLM — Product Life Management** — управление жизненным циклом изделия.

**R&D (Research and design)**. Этот термин обозначает научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР).

**SADT-моделирование** — программное средство для моделирования поведения коллектива сотрудников фирмы в ответ на те или иные действия менеджеров, позволяет прогнозировать последствия принимаемых решений, последовательно добиваться достижения поставленных целей.

**SCM — supply chain management** — управление снабжением.

**WF — Work Flow** — управление процессами.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация функционального тестового контроля логических микросхем : метод. указания к практ. занятиям и УИРС / Владим. гос. техн. ун-т ; сост. В. П. Крылов. — Владимир, 1996. — 16 с.
2. Вейцман, Э. В. Технологическая подготовка производства радиоэлектронной аппаратуры / Э. В. Вейцман, В. Д. Венбрин. — М. : Радио и связь, 1989. — 128 с. — ISBN 5-256-00285-7.
3. Крылов, В. П. Автоматизированный контроль аналоговых интегральных микросхем : лаб. практикум / В. П. Крылов ; Владим. гос. ун-т. — Владимир, 2003. — 68 с. — ISBN 5-89368-376-5.
4. Крылов, В. П. Введение в технологии производства электронных средств : учеб. пособие / В. П. Крылов. — Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. — 32 с. — ISBN 5-89368-681-0.
5. Крылов, В. П. Технологии и подготовка производства печатных плат : учеб. пособие / В. П. Крылов. — Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. — 88 с. — ISBN 5-89368-689-6.
6. Мэнгин, Ч.-Г. Технология поверхностного монтажа. Будущее технологии сборки в электронике / Ч.-Г. Мэнгин, С. Макклелланд ; пер. с англ. ; под ред. Л. А. Коледова. — М. : Мир, 1990. — 276 с. — ISBN 5-03-001485-3.
7. Павловский, В. В. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. Пособие по курсовому проектированию : учеб. пособие для вузов / В. В. Павловский, В. И. Васильев, Т. Н. Гутман. — М. : Радио и связь, 1982. — 160 с.
8. Технология и автоматизация производства РЭС : метод. указания к лаб. работам 1 — 9 / Владим. политехн. ин-т ; сост. : А. Н. Крутихин, В. П. Крылов, Т. Н. Фролова. — Владимир, 1993. — 100 с.

9. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учеб. для вузов / И. П. Бушминский, О. Ш. Даутов, А. П. Достанко [и др.] ; под ред. А. П. Достанко, Ш. М. Чабдарова. — М. : Радио и связь, 1989. — 624 с. — ISBN 5-256-00292-9.
10. Управление качеством электронных средств : учеб. для вузов / О. П. Глудкин, А. И. Гуров, А. И. Коробов [и др.] ; под ред. О. П. Глудкина. — М. : Высш. шк., 1994. — 414 с. — ISBN 5-06-003277-9.
11. *Ушаков, Н. Н.* Технология производства ЭВМ / Н. Н. Ушаков. — М. : Высш. шк., 1991. — 416 с. — ISBN 5-06-000711-1.
12. *Ханке, Х.-И.* Технология производства радиоэлектронной аппаратуры / Х.-И. Ханке, Х. Фабиан ; пер. с нем. ; под ред. В. Н. Черняева. — М. : Энергия, 1980. — 464 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (СТПП)</b> . . . . .	<b>6</b>
1.1. Инженеры в производстве электронных средств . . . . .	6
1.2. Стереопредставление СТПП . . . . .	7
1.3. Основные функции СТПП . . . . .	8
<b>Глава 2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1. Определение и методы оценки технологичности . . . . .	9
2.2. Отработка изделий на технологичность . . . . .	11
<b>Глава 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ СТПП</b> . . . . .	<b>13</b>
3.1. Классификация технологических процессов . . . . .	13
3.2. Исходная информация для разработки . . . . .	14
3.3. Основные задачи разработки технологических процессов . . . . .	15
3.4. Виды и правила разработки процессов контроля . . . . .	16
<b>Глава 4. ВЫБОР, РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ КАК ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ СТПП</b> . . . . .	<b>17</b>
4.1. Выбор и разработка технологического оборудования . . . . .	17
4.2. Выбор и разработка технологической оснастки . . . . .	19
4.3. Выбор и разработка средств автоматизации и механизации производственных процессов . . . . .	20

<b>Глава 5. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ТПП КАК ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ СТПП</b> . . . . .	<b>21</b>
5.1. Рекомендации ЕСТПП по организации и управлению процессом ТПП . . . . .	21
5.2. Системный подход к совершенствованию СТПП . . . . .	23
<b>Глава 6. ПЕРВИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА</b> . . . . .	<b>24</b>
6.1. Разработка межцеховых технологических маршрутов . . . . .	24
6.2. Проектирование и изготовление технологической оснастки . . . . .	25
6.3. Нормирование расхода материалов . . . . .	26
6.4. Трудовое нормирование технологических процессов . . . . .	27
<b>Глава 7. ПОСТАНОВКА ИЗДЕЛИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО И ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ</b> . . . . .	<b>30</b>
7.1. Приобретение разработки и постановка на производство . . . . .	30
7.2. Классификация, комплектность и оформление технологической документации . . . . .	32
<b>Глава 8. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНИРОВОК</b>	<b>33</b>
8.1. Исходные данные и расчет производственных площадей . . . . .	33
8.2. Составление технологической планировки . . . . .	34
8.3. Перспективы использования геоинформационных систем . . . . .	35
<b>Глава 9. ИНЖЕНЕРНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ</b> . . . . .	<b>38</b>
9.1. Общая характеристика работ по сопровождению . . . . .	38
9.2. Учет, хранение и обращение технической документации . . . . .	39
9.3. Причины, правила и порядок внесения изменений в конструкторско-технологическую документацию . . . . .	42
<b>Глава 10. ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ КОНТРАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ</b> . . . . .	<b>45</b>
10.1. История контрактного производства в терминах . . . . .	45

	87
10.2. Динамика развития контрактных разработчиков и производителей ЭС . . . . .	49
10.3. Выбор контрактных разработчиков и производителей ЭС	51
<b>Глава 11. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ . . . . .</b>	<b>53</b>
11.1. Формализация описания технологических объектов . . . . .	53
11.2. Многокритериальная оптимизация . . . . .	55
11.3. Особенности решения обратных некорректных задач . . . . .	56
11.4. Идентификация математических моделей . . . . .	59
<b>Глава 12. ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ . . . . .</b>	<b>61</b>
12.1. Проблемы разработчиков и производителей ЭС, решаемые с помощью единого информационного пространства . . . . .	61
12.2. Компьютеризация информационных процессов . . . . .	62
12.3. Системная интеграция программных продуктов . . . . .	64
<b>Глава 13. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ В РОССИИ . . . . .</b>	<b>68</b>
13.1. Основные сдерживающие факторы . . . . .	68
13.2. Элементная база ЭС вчера, сегодня и завтра . . . . .	69
13.3. Перспективы развития производства ЭС . . . . .	71
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ . . . . .</b>	<b>76</b>
<b>Приложения . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>Рекомендуемая литература . . . . .</b>	<b>83</b>

Учебное издание

КРЫЛОВ Владимир Павлович

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И СОПРОВОЖДЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Подписано в печать 20.03.07.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 5,11. Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство Владимирского государственного университета.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.