

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

В.П. КРЫЛОВ

**ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Учебное пособие

Владимир 2006

УДК 621.396
ББК 32.844
К85

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
"Конструирование электронных средств"
Таганрогского государственного радиотехнического университета
С.П. Малюков

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

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Крылов, В. П.

К85 Введение в технологии производства электронных средств :
учеб. пособие / В. П. Крылов ; Владим. гос. ун-т. — Владимир :
Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. — 32 с.
ISBN 5-89368-681-0

В основу учебного пособия положены вводные разделы курсов "Технология радиоэлектронных средств" и "Технология электронно-вычислительных средств", читаемых автором для студентов Владимирского государственного университета (ВлГУ), обучающихся по направлению бакалаврской подготовки 210200 — проектирование и технология электронных средств, а также по специальностям инженерной подготовки 210201 — проектирование и технология радиоэлектронных средств и 210202 — проектирование и технология электронно-вычислительных средств.

Рассчитано на студентов высших учебных заведений и может быть использовано в системе повышения квалификации инженерно-технических работников предприятий и организаций радиоэлектронной промышленности.

Библиогр.: 12 назв.

УДК 621.396
ББК 32.844

ISBN 5-89368-681-0

©Владимирский государственный
университет, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
Глава 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА НА ФОНЕ НАБОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ	5
1.1. Технологии в постиндустриальном обществе и образова- тельные траектории конструктора-технолога ЭС	5
1.2. Структура и содержание курса	7
Глава 2. ЭС КАК ОБЪЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА: ПОКОЛЕНИЯ И УХОДЯЩИЕ СТЕРЕОТИПЫ МЫШЛЕНИЯ	10
2.1. Терминология курса и характеристика поколений ЭС по конструктивно-технологическим признакам	10
2.2. О некоторых уходящих стереотипах мышления в отече- ственной промышленности ЭС	13
Глава 3. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭС	18
3.1. Основные условия разработки и производства продук- ции на уровне лучших мировых образцов	18
3.2. Гибкая автоматизация многономенклатурного производ- ства как основа развития производственной базы	21
3.3. Обеспечение надежности оборудования и контроль тех- нологических процессов	22
Глава 4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И КАЧЕСТВО ЭС	24
4.1. Качество продукции: терминология и методы оценки	24
4.2. Технологичность конструкций ЭС	26
4.3. Сущность системного подхода и концепции CALS	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	30
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое вниманию читателя учебное пособие является составной частью учебно-методического комплекса завершающего курса технологического цикла дисциплин конструкторско-технологической подготовки и предназначено для формирования системного подхода к изучению проблем технологии производства электронных средств.

Ситуацию с информационным обеспечением курса можно охарактеризовать как "информационный голод в условиях изобилия информации". По каналам ИНТЕРНЕТ и рассылаемой на предприятия рекламы 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. В то же время 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.

Проблему "информационного голода в условиях изобилия информации" по вводному разделу курса призвано в какой-то степени решить данное пособие. Определенную помощь в решении этой проблемы смогут оказать также разрабатываемые на кафедре КТ РЭС, в том числе с участием студентов в рамках УИРС, так называемые "домашние ИНТЕРНЕТ-страницы" конструктора-технолога ЭС, а также разделы кафедрального сервера с "зеркалами" некоторых ИНТЕРНЕТ-сайтов и кафедральные коллекции лазерных дисков с учебными видеофильмами, виртуальными экскурсиями, учебными и демо-версиями программных продуктов и каталогами поставщиков технологического оборудования, материалов и комплектующих изделий.

Глава 1.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА НА ФОНЕ НАБОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ

1.1. Технологии в постиндустриальном обществе и образовательные траектории конструктора-технолога ЭС

В многочисленных сценариях развития постиндустриальных информационных обществ, которые по прогнозам ученых станут господствующей, лидирующей цивилизационной формой в XXI веке, роль науки и технологий должна стать решающей для социально-экономического развития. Переход к обществу так называемых "высоких технологий" путем замены механизма индустриального роста механизмом социально-технологического развития рассматривается как одно из важнейших условий и предпосылок социального благополучия.

В новых условиях обучение, направленное на передачу знаний, становится все менее эффективным. Гораздо более важным оказывается формирование у человека таких личностных способностей, которые делают посильной самостоятельную ориентацию в мире знаний и умений. Освоение знаний перестает быть подгонкой личности под определенный стандарт. Напротив, при надлежащем изменении подхода к образовательному процессу, можно получить средство расширения деятельных способностей индивида и инновационной способности нации в целом¹.

Реформы высшего технического образования России, обусловленные интеграцией отечественной науки и промышленности в мировое разделение труда, привели к увеличению количества и усложнению так называемых "образовательных траекторий". Соответствующие изменения отражены в таких нормативных документах разного уровня, как государственные образовательные стандарты (ГОС), учебные планы вузов.

¹Взятыхшев В.Ф., Романкова Л.И. Социальные технологии в образовании // Высшее образование в России. — 1998. — №1. — С. 28 — 38.

Исходные нормативные документы доступны в электронном виде студентам на сервере кафедры КТ РЭС. Там можно найти учебные пятилетние планы и рабочие программы отдельных курсов инженерной подготовки, учебные планы бакалаврской подготовки и магистерских программ, а также сопровождающие их методические разработки кафедры [5].

Учебные планы направления бакалаврско-магистерской подготовки (6 лет) 210200 – проектирование и технология электронных средств и одноименного направления инженерной подготовки (5 лет) со специальностями 210201 – проектирование и технология радиоэлектронных средств и 210202 – проектирование и технология электронно-вычислительных средств согласованы между собой на протяжении первых четырех лет обучения, что обеспечивает студенту возможность выбора своей образовательной траектории на четвертом году обучения.

После окончания 4-го курса студент, обучающийся на кафедре КТ РЭС, может выбрать одно из двух указанных направлений (инженерное или магистерское), а в рамках магистерской подготовки — одну из девяти магистерских программ, аннотированных в государственном образовательном стандарте магистерской подготовки по направлению 210200. Научно-исследовательская составляющая каждой из аннотированных магистерских программ по решению ученого совета вуза реализуется через авторские магистерские программы (магистерские специализации), отражающие существующие в данном вузе научно-педагогические школы по разделам соответствующих наук.

Можно завершить обучение в университете, выполнив и защитив по окончании 4-го курса бакалаврскую выпускную работу, и получить диплом о высшем образовании, удостоверяющий наличие у выпускника степени бакалавра техники и технологии по направлению 210200. С этим дипломом, в частности, можно продолжить обучение в других учебных заведениях по указанному выше направлению магистерской подготовки. Такие же права имеют бакалавры по направлению 210200, закончившие другие учебные заведения России. Некоторые вузы, в том числе и ВлГУ, разрешают бакалаврам поступать на смежные направления магистерской подготовки. Формальная сторона этой процедуры подробно изложена в документах приемной комиссии ВлГУ.

1.2. Структура и содержание курса

Курс завершает технологическую подготовку студента и состоит из двух частей, изучаемых в 8-м и 9-м семестрах. Теоретический курс разбит на пять относительно автономных модулей:

- введение в технологии ЭС;
- технологии и подготовка производства печатных плат;
- технологии сборочно-монтажного производства;
- механизация и автоматизация производственных процессов и поверхностный монтаж компонентов ЭС;
- технологическая подготовка и сопровождение производства ЭС.

Первые четыре модуля входят в первую часть курса, а пятый — во вторую.

Первая часть курса, изучаемая в 8-м семестре студентами обоих направлений, включает 51 час лекций (1,5 лекции в неделю), 17 часов лабораторных работ (4 четырехчасовых занятия по графику кафедры), написание реферата и заканчивается недифференцированным зачетом и экзаменом.

Обращаю внимание читателей на то, что вторая часть (пятый модуль курса) изучается в 9-м семестре только студентами инженерных специальностей и включает 34 часа лекций (1 лекция в неделю), 17 часов лабораторных работ (4 четырехчасовых занятия по графику кафедры), курсовое проектирование и заканчивается дифференцированным зачетом и экзаменом.

На лабораторных занятиях [1, 3, 4, 8] студентам предлагается приобрести практические навыки по работе с автоматизированными тестерами входного контроля элементной базы ЭС, технологическим оборудованием для пайки и ремонта печатных узлов, программами имитационного компьютерного моделирования технологических процессов и операций.

Тематика курсового проектирования [2, 7] связана с содержанием второй части (пятого модуля) курса и предусматривает в качестве типового задания выполнение комплекса работ по технологической подготовке или сопровождению конструкции ЭС, которая может быть разработана как самим студентом в рамках бакалаврской работы или кур-

сового проекта по дисциплинам конструкторского цикла, так и другими конструкторами в университете или на предприятиях.

Для студентов очно-заочной (дистанционной) формы обучения, которые совмещают обучение с работой на базовых предприятиях, университетом и кафедрой предлагаются специальные учебные планы, в которых объем лекционных аудиторных занятий сокращен до 34 часов в 8-м семестре и 18 часов в 9-м семестре. Лабораторные работы и курсовые проекты эти студенты могут выполнять и в филиале кафедры КТ РЭС, если таковой имеется на предприятии. Учебные планы дистанционного образования, включая тематику бакалаврских и магистерских работ, курсового и дипломного проектирования, согласованы с отделами технического обучения и инженерными службами базовых предприятий.

Выпускные работы инженерного направления предусматривают, как правило, технологическую часть, включаемую в задание на дипломный проект (дипломную работу).

Текущий рейтинг студента по курсу определяется преподавателем в соответствии с положением о рейтинге, действующим во ВлГУ, по результатам посещения лекций, соблюдения установленных графиков выполнения лабораторных работ и курсового проекта, а также результатами досрочной сдачи теоретического материала отдельных модулей в течение семестра на консультациях по курсу.

В начале консультаций преподаватель обычно отвечает на вопросы студентов, а затем для желающих проводит индивидуальные собеседования по модулям курса. Досрочная сдача модулей не является обязательной. Тем не менее, это позволит студенту своевременно определиться с уровнем предъявляемых требований по курсу, а преподавателю — достаточно объективно оценить успехи студента в течение семестра.

При подведении итогов третьего рейтинга в восьмом семестре учитывается качество и своевременность сдачи индивидуального реферата-обзора, тему которого лектор курса сообщает студенту после сдачи первого модуля курса или при подведении итогов первого рейтинга.

Теперь поподробнее о такой относительно новой форме учебного

процесса, как учебно-исследовательская работа студентов (УИРС). В отличие от научно-исследовательской практики (НИП), включенной в учебные планы, УИРС не является обязательной формой обучения и рассчитана главным образом на тех студентов, которые хотят развить свои творческие способности и не желают довольствоваться обязательным минимумом. Как правило, эти студенты рассматривают в качестве возможных вариантов продолжения образования обучение в магистратуре и (или) в аспирантуре. Дополнительные стимулы заняться УИРС в рамках лабораторного практикума и курсового проектирования возникают также и у тех студентов, которые совмещают учебу с работой по избранной специальности и заинтересованы в карьерном росте именно по выбранному профилю. Занятия УИРС, как правило, положительно отражаются на текущем рейтинге студента.

Для таких "продвинутых" студентов разработан перечень примерных направлений и тем УИРС, с которым они могут познакомиться либо в лаборатории 328-3, либо на сервере локальной вычислительной сети (ЛВС) кафедры КТ РЭС. Перечень включает темы в области фундаментальных и прикладных исследований, в которых участвуют сотрудники кафедры, а также заказы местных предприятий и организаций, планы модернизации лабораторного практикума и освоение CALS-технологий (CAD/CAM/CAE/PDM и других проблемно-ориентированных программных продуктов).

С течением времени этот перечень, разумеется, обновляется. Приветствуются инициативные предложения студентов, которые можно обсудить на консультациях по курсу. После выбора и согласования темы уточняется трудоемкость, и совместно с руководителем УИРС студентом составляется техническое задание, которое согласуется с лектором курса и утверждается заведующим кафедрой КТ РЭС. Примеры оформления заданий можно найти на сервере ЛВС кафедры КТ РЭС. Руководителем УИРС может быть как преподаватель или инженер кафедры, так и квалифицированный специалист предприятия или фирмы, где работает студент.

Глава 2.

ЭС КАК ОБЪЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА: ПОКОЛЕНИЯ И УХОДЯЩИЕ СТЕРЕОТИПЫ МЫШЛЕНИЯ

2.1. Терминология курса и характеристика поколений ЭС по конструктивно-технологическим признакам

В учебно-методической литературе по направлению 210200 — проектирование и технология электронных средств и смежным с ним инженерным специальностям 210201 и 210202 определение термина "технология", если оно вообще присутствует, чаще всего явно или неявно выводится из определения стандартного термина "технологический процесс" (по ГОСТ 3.1109–82), в котором речь идет о "целенаправленных действиях по изменению и (или) определению состояния предмета труда". А ведь, как известно, бывают термины плохие, хорошие и ... стандартные. В обиходе понятие "технология" связывают обычно с машинами, автоматическими линиями, жесткой производственной дисциплиной. Технократический подход, таким образом, существенно искажает первоначальный смысл заимствования из древнегреческого языка терминообразующих слов "технос" (*τεχνος*) и "логос" (*λογος*).

Итак, что же подарили нам древние греки? "Технос" — это искусство, умения Человека. Это то, что по преданию дал ему Творец, сказав: "Я сделал из ничего этот мир. А дальше ты, Человек, будешь улучшать его, используя свое творческое начало, свои умения и способности". "Логос" — это знание, возникающее после осознания и понимания; иначе говоря, наука в широком смысле слова. Итак, изначальный смысл понятия *технология* — в научном понимании законов и закономерностей искусств и умений человека как истинного преобразователя мира и самого себя, как хозяина своей судьбы¹.

Основные термины курса — технологическая подготовка производства (основные функции) и конструкторско-технологическое сопровождение производства ЭС (внесение и сопровождение изменений), тип

¹Взятыхшев В.Ф., Романкова Л.И. Социальные технологии в образовании // Высшее образование в России. — 1998. — №1. — С. 28 — 38.

(единичное, серийное, массовое) и вид производства (основное, вспомогательное), технологический процесс (операция, переход, установ) и т.п. читателям рекомендуется вспомнить из предыдущих курсов технологического цикла. В противном случае достаточно заглянуть в терминологические стандарты систем 3, 14, 15.

При описании поколений ЭС, по мнению автора, вовсе обязательно в результате коллективного обсуждения присваивать им номера и устраивать на экзаменах "угадайку" номеров. Достаточно их расположить в определенном порядке (классифицировать), используя при этом конструктивно-технологические или иные признаки. Набор этих признаков достаточно велик, и его нельзя сводить только к замене проводного монтажа печатным, а электронных ламп — транзисторами и микросхемами.

Характеристика поколений необходима прежде всего для системной оценки уровня производства и разработок ЭС на конкретном предприятии по сравнению с другими предприятиями.

В учебной литературе поколения ЭС обычно характеризуют по технологии изготовления элементной базы (активных и пассивных элементов) и способам электро монтажа. Однако и при таком подходе можно увидеть относительное многообразие поколений ЭС. Интегральные микросхемы (ИС), широко используемые при производстве ЭС, могут отличаться, например, степенью интеграции, размерами элементов, конструктивно-технологическим исполнением, частотным диапазоном и быстродействием, а также такими качественными признаками, как наличие шинной или беспроводной организации связи между ИС на печатной плате.

Классы точности печатных плат по ГОСТ 23751–86¹ и технологии их изготовления определенным образом взаимосвязаны, что дает дополнительное многообразие конструктивно-технологических вариантов электро монтажа.

Можно выделить также различные поколения двухсторонних и многослойных печатных плат, их связь со сложностью элементной базы и быстродействием ЭС. В динамике развития конструкций и техно-

¹ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции. — М. : Изд-во стандартов, 1988. — 8 с.

логии печатных плат, если присмотреться, нетрудно заметить проявления законов диалектики: единства и борьбы противоположностей, отрицания отрицания, перехода количественных изменений в качественные. Именно качественные изменения в конструкциях и технологии ЭС порождают новые поколения электронной техники.

Поколения сверхвысокочастотной (СВЧ) техники и технологии изготовления СВЧ ЭС напрямую связаны с размерами активных электро-радиоэлементов. Появление СВЧ полупроводниковых ИС обусловил переход от поколения волноводной техники к микрополосковой и существенно "сдвинул" СВЧ-эффекты в область более высоких частот.

Необходимость защиты от несанкционированного копирования также привела к смене поколений ЭС. Высокотехнологичные ЭС на ПЛИСах и микропроцессорах со встроенной памятью скопировать с образцов уже невозможно.

Развитие цифровых методов разработки тоже отразилось на смене поколений ЭС. Современное поколение характеризуется смещением центра тяжести разработок ЭС в область цифровой обработки сигналов, что обуславливает интерес к новым разделам математики.

Необходимость сокращения сроков разработки сложных ЭС отражается на их поколениях, например по такому признаку, как разработка технологических средств контроля. Если раньше предприятия-изготовители ЭС могли позволить себе содержание специализированных подразделений в службе главного технолога (так называемых КЛБ — конструкторско-лабораторных бюро), то сегодня эти подразделения и эта технология разработки явно неэффективны. О контроле своих изделий с учетом серийности производства должен позаботиться разработчик ЭС. Используя современные САПР, можно создать не только схему и конструкцию, но и сгенерировать в автоматическом режиме программы автоматизированного тестирования, включая так называемое "внутрисхемное тестирование" печатных узлов после сборки.

2.2. О некоторых уходящих стереотипах мышления в отечественной промышленности ЭС

Это укоренившиеся в сознании, в определенном смысле передаваемые по наследству и не признаваемые, как правило, их носителями, представления и привычки. В разной степени они свойственны разным поколениям специалистов на разных предприятиях отечественной промышленности ЭС. Есть предприятия и учебные заведения, с которых эти стереотипы мышления "ушли", но, к сожалению, есть и другие....

Остановимся на некоторых из этих стереотипов.

1. *Массовое производство — идеал, к которому надо стремиться.* Мелкосерийное и серийное производство — всего лишь временные ступени при движении к идеалу, на которых не следует задерживать свое внимание.

Отсюда и теоретические разработки в области автоматизации производства, связанные с теорией массового обслуживания и другими разделами математической статистики (теория точности, теория планирования эксперимента и т. д.). Интеграция отечественной радиоэлектронной промышленности в мировое разделение труда предполагает, наоборот, большее внимание уделять мелко- и среднесерийному производству, особенно в так называемом открытом сегменте рынка. Крупносерийное и массовое производство в этом сегменте рынка сегодня смещается в Китай и другие страны Юго-Восточной Азии.

2. *"Пророков нет в отечестве своем", поэтому для обеспечения прогресса надо заимствовать зарубежные схемотехнические и конструктивно-технологические решения.*

Решения такого типа и на таких высоких уровнях так часто принимались в недалеком прошлом, что данная установка начальства "прижилась" в сознании и подсознании некоторых отечественных разработчиков ЭС, особенно старшего поколения.

3. *Талантливый схемотехник (интеллект предприятия), способный конструктор (без него интеллекту трудно) и технолог из оставшихся специалистов после отбора первых двух.*

Весьма любопытной представляется реализация этой установки по правилам, изложенным в п. 2. При этом задачи талантливых интеллек-

туалов и их способных помощников становятся весьма похожими на действия неуспевающего студента, списывающего у отличника, тем более, что так называемый "аналог" находится в их распоряжении. Можно посмотреть на конструкцию, а с помощью микроскопа и установки для послойного травления кристаллов "срисовать" топологии интегральных микросхем. Безусловно, надо быть очень талантливым и способным, чтобы понять замысел зарубежного конкурента.

А как быть "бесталанным", а поэтому в среднем менее оплачиваемым технологам? Ведь путь на зарубежные предприятия, где стоит современное технологическое оборудование, им, как правило, закрыт. То оборудование, которое предлагается сегодня инофирмами, часто относится если не к категории "секонд хэнд", то к тому оборудованию, на котором "они" сегодня уже не делают или не планируют делать те изделия, которые нам продают.

Кстати говоря, опыт последних лет свидетельствует, что импортный технологический комплекс может стоить баснословно дешево хотя бы потому, что его владельцу нужно срочно освободить занимаемую площадь, чтобы на ней разместилось более выгодное предприятие. Главное — любой ценой срочно избавиться от оборудования, которое уже морально устарело или состарится в ближайшее время.

Но приобрести, пусть даже передовое технологическое оборудование — это еще не все. Надо подтянуть уровень технологической культуры, причем не только производства, но и разработчиков ЭС. А вот за это фирмы-поставщики ответственности не несут, ограничиваясь пуско-наладочными работами и кратким обучением обслуживающего персонала, как правило, на так называемых тестовых изделиях, имеющих отдаленное отношение к продукции предприятия.

Справедливости ради следует отметить, что схемотехники сегодня уже не могут решать свои задачи в свете изложенной в п. 2 установки, так как зарубежные разработчики ЭС сделали определенные выводы в отношении стран, практикующих несанкционированное копирование схемно-конструкторских решений. Я имею в виду перенос центра тяжести "ноу-хау" в программную часть ЭС, которую нельзя "извлечь" из аппаратной части.

4. Разработка технологии и технологическая подготовка

производства новых изделий, как следствие п.3, не опережает, а догоняет разработку конструкции. Что впереди — конструкция или технология? Ответ на этот вопрос неоднозначен, конечно, но односторонних перекосов здесь, очевидно, быть не должно.

5. *Наука — это где-то далеко от производства и предприятия*, особенно если речь идет о получении новых знаний.

Инженеры-производственники в процессе повышения своей квалификации не стремятся в большинстве случаев "уходить в науку", не уходя при этом с предприятия.

Характерно, когда инженера-технолога заставляют вспомнить о науке, то он, как правило, обращается к математической статистике, а про физику и химию, а также другие разделы математики и возникшие с их помощью прикладные науки, и не вспоминает.

6. *Все для себя по возможности делаем сами* — атавизм "железного занавеса" на уровне отдельного предприятия. Минимум кооперации и специализации, иначе смежники подведут если не по количественным, то по качественным показателям.

7. *Стереотип единоначалия как наследие авторитарной системы руководства.* Первое лицо на предприятии отвечает за все и принимает окончательные решения по всем вопросам. Разделение прав и обязанностей технического эксперта и менеджера, имеющее место на большинстве зарубежных предприятий, пока с трудом приживается на отечественных предприятиях.

Сравним два вроде бы одинаковых лозунга из разных эпох: "Кадры решают все" и "Люди — главный капитал фирмы". В отечественной истории мы, к сожалению, имеем примеры того, как прикрываясь лозунгом "Кадры решают все", можно подавить Личность, превратив ее в деталь исполнительного механизма Системы.

8. *Как можно скорее отрапортовать о достигнутом, не боясь при этом выдать желаемое за действительное.* При столкновении с реальностью в конечном итоге дискредитируется то, что пытались достигнуть. В качестве примера можно привести имевшие место во времена СССР кампании по внедрению автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), комплексных систем управления качеством продукции (КСУКП) с использова-

нием так называемых "личного клейма", "знака качества" и государственной приемки дополнительно к уже существовавшим собственным отделам контроля качества и представительствам заказчика.

Достаточно близки, по мнению автора, к этим канувшим в Лету "новациям" некоторые современные перегибы "сертификации" и "лицензирования" всего и вся, когда купленные предприятием сертификаты и лицензии отнюдь не гарантируют конкурентоспособность и качество выпускаемой продукции. А государственные чиновники в это время наживаются на этих многочисленных "разрешительных" операциях законными, а подчас и незаконными способами.

9. *Выпускник вуза, придя на завод, забудь дедукцию, гони продукцию.* Забудь все, чему тебя учили в вузе, и начинай постигать законы производства. Однако в последнее время при встречах с руководителями разного уровня на предприятиях промышленности ЭС приходится слышать пожелания, чтобы приходящие на предприятие из вуза специалисты приносили элементы "нового мышления".

Все это происходит на фоне нарушения связи поколений, когда так называемое "среднее" поколение, способное относительно бесконфликтно передать опыт старшего поколения молодежи, на большинстве предприятий радиоэлектронной промышленности если не отсутствует вовсе, то малочисленно и не очень заметно.

10. *Двойственность термина "технология".* С одной стороны, это человеко-машинные комплексы в производственных цехах, а с другой — горы бумаги (технологической документации), которые, как это ни странно, не уменьшает, а наоборот, увеличивает компьютеризация технологических подразделений. Однако в человеческом сознании может остаться только один из этих образов, и чаще всего — второй.

Сужение комплекса работ по обеспечению технологической готовности предприятия к выпуску продукции заданного объема, уровня качества и в заданные сроки до разработки технологических процессов является следствием стереотипа восприятия технологии как процесса производства технологической документации.

11. *Стремление закупать все (комплектацию, материалы и средства технологического оснащения) с запасом, который якобы "карман не тянет".* Технологическое оборудование используется

при этом неинтенсивно и поэтому неэффективно, так как опасаются, что оно быстро выйдет из строя и сорвет выполнение производственного плана. На самом деле все происходит как раз наоборот. Оборудование сегодня быстрее устаревают морально, а сверхзапасы тяжким бременем ложатся на себестоимость выпускаемой продукции.

12. *Много схемотехнических элементов в схеме — это плохо.* Этот стереотип пришел в головы инженеров-схемотехников из "домикросхемной" электроники дискретных транзисторов, резисторов и других неинтегрированных электрорадиоэлементов. Он обусловлен ошибочным отождествлением понятий "микросхемотехника" и "микроминиатюризация". Если главной целью микроминиатюризации является получение малых размеров ЭС любой ценой, то основной задачей микросхемотехники является создание высоконадежных и дешевых элементов и способов их соединения внутри интегральных микросхем. При этом малые размеры ЭС получаются как бы попутно. Правда, попутно перед схемотехниками встают серьезные проблемы учета дополнительных "паразитных" электрорадиоэлементов, оказывающих существенное влияние на работу микросхемотехнического устройства. Именно трудности освоения микросхемотехники и породили этот уходящий стереотип мышления.

13. *Многие сотрудники российских предприятий и организаций и по сей день продолжают думать, что не они зарабатывают деньги, а им их выплачивают.*

По данным начальника Управления радиоэлектронной промышленности и систем управления (УРЭП и СУ) Роспрома Ю. Борисова, приведенным в сборнике "Живая электроника России 2005"¹, на передовых промышленных предприятиях электронной отрасли России выработка на одного человека в 2004 г. составила от 500 до 700 тыс. рублей в год при средней выработке по отрасли 230 тыс. рублей.

В ведущих научно-исследовательских и опытно-конструкторских организациях выработка на одного человека в год доходит до 900 тыс. рублей при средней выработке 350 тыс. рублей.

¹Борисов Ю. Итоги деятельности радиоэлектронного комплекса в 2004 г. и основные задачи на 2005 г. : сборник "Живая электроника России 2005". — М. : ИД Электроника, 2005. — С. 23 — 26.

Глава 3.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭС

3.1. Основные условия разработки и производства продукции на уровне лучших мировых образцов

Опережающее развитие науки и технологии — первое основное условие производства продукции на уровне лучших мировых образцов. Иначе это условие можно сформулировать так: переход к обществу высоких технологий. Именно эти технологии способны реально обеспечить высокое качество электронных средств и вывести отечественное производство ЭС на мировой уровень.

Термин "высокие технологии" (*high technology*) сравнительно недавно занял свое место в рекламных проспектах, научно-технических публикациях, выступлениях политических и хозяйственных руководителей, в том числе международных политиков и журналистов. В то же время отсутствие соответствующих определений в русскоязычных учебниках и нормативных документах дает возможность различного толкования указанного термина в зависимости от целей, которые преследуются при его использовании. Это позволяет, в частности, желаемое выдавать за действительное, тем более что в действительности секреты высоких технологий охраняются на уровне государственных тайн.

Автор не берет на себя смелость дать исчерпывающее определение термина "высокие технологии" в виде законченной формулировки, однако отдельные, возможно дискуссионные, "штрихи к портрету" выглядят примерно так:

— это прежде всего наукоемкие технологии. Под наукоемкостью понимается качественно новый уровень использования достижений фундаментальной и прикладной науки. Он выражается, в частности, в том, что наука в известном смысле "идет в производство", обеспечивая за счет получения новых знаний непосредственно в процессе производства приращение так называемого "интеллектуального компонента продукции", который является необходимым условием конкурентоспо-

способности на потребительском рынке. Достаточно "затертый" в нашей стране от долгого пропагандистского употребления и тем самым изрядно дискредитированный лозунг-наставление высшей школе о том, что современный инженер должен владеть навыками исследователя, может обрести наконец свой истинный смысл;

– появление высоких технологий можно рассматривать также как своеобразную реакцию промышленно развитых стран и транснациональных корпораций на усиливающуюся конкуренцию в области электроники, равно как и в других областях науки и техники со стороны развивающихся стран, отличающихся низкой стоимостью ручного труда и практикующих несанкционированное копирование конструкторско-технологических решений ЭС;

– высокие технологии являются необходимым средством создания и производства новых видов вооружения. Характерным для них является существенное сокращение объема работ по дорогостоящему экспериментальному макетированию и экологически опасным исследовательским испытаниям вплоть до полного отказа от них. По этой очевидной причине ожидать в литературе подробных описаний и руководств по имеющимся высоким технологиям достаточно наивно;

– высокие технологии отличаются интеграцией во времени и пространстве процессов воздействия на предмет труда с процессами контроля качества продукции. В обычных технологиях контролер, как правило, выполняет свои функции после технологической операции;

– высокие технологии являются показателем уровня развития общества, которое может создать надлежащие условия для творцов этих технологий. Еще на заре работ в области искусственного интеллекта академик А.И. Берг сказал: "Чтобы творить в области искусственного интеллекта, надо иметь естественный".

В 2002 г. агентство Future HorizonsInc¹ назвало четыре причины низких темпов развития рынка высоких технологий в России, расположив их в следующей последовательности.

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

¹Симкин Я. Время тонких настроек: сборник "Живая электроника России 2005". – М. : ИД "Электроника", 2005. – С. 39, 40.

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.

Второе по порядку, но не менее важное условие выхода на уровень лучших мировых образцов — специализация и кооперирование производства. Стереотип мышления, доставшийся нам в наследство от политики "железного занавеса", проявляет себя и на уровне отдельно взятого предприятия. Пока преобладающей является предметная специализация — по выпуску определенных видов изделий, имеющих самостоятельную нишу на потребительском рынке, а вот подетальная и технологическая развиты слабее. Хотя первые шаги в этом направлении есть. В качестве примера можно привести появившиеся в процессе перестройки специализированные предприятия по изготовлению печатных плат. Весьма распространенным явлением в постперестроечной России стало обращение за помощью к китайским и другим южно-азиатским фирмам при срочном и качественном изготовлении больших партий печатных плат, прессформ, автоматизированной сборки ячеек.

Заводы электронного приборостроения как и машиностроительные заводы, как правило, предприятия универсальные, комплексные, в их составе весь набор цехов основного и вспомогательного производства. Номенклатура, то есть количество наименований и типоразмеров деталей и комплектующих изделий и материалов, составляет десятки, а подчас и сотни тысяч наименований. В итоге до 90 % цикла технологической подготовки производства уходит на проектирование и изготовление специального оборудования, оснастки, инструмента, организацию снабжения материалами и комплектующими изделиями. В свое время на Александровском радиозаводе подсчитали, что для нормального функционирования предприятия такого уровня необходимо поддержание связей с 2000 поставщиков.

В итоге на подготовку производства уходит от 3 до 5 лет, а руководители предприятий, переходящих на новую продукцию, считаются чуть ли не героями. Затраты труда и времени неоправданно растут, что при-

водит к распылению сил инженерно-технических работников (ИТР), создает большие трудности при выполнении плановых заданий по номенклатуре, а также в применении новейшей технологии на каждом рабочем месте.

На специализированном заводе крепежа по сравнению с аналогичными цехами радиозавода, в которых тоже делают крепеж, технологическая трудоемкость в 6 раз ниже; съём с 1 м² в 2,5 раза выше, использование металла в 1,7 раза эффективнее. Трудоемкость 1000 стандартных накидных гаек на специализированном заводе 30 – 35 нормочасов, а на обычном от 70 до 200.

3.2. Гибкая автоматизация многономенклатурного производства как основа развития производственной базы

Автоматизация производства электронных средств рассматривается как наиболее эффективный способ обеспечения качества продукции. На второй план отходят соображения, связанные с повышением производительности труда и улучшением условий труда рабочих.

Различают так называемую "жесткую" и "гибкую" автоматизацию. Жесткая автоматизация предусматривает создание специализированных средств технологического оснащения, которые окупают себя при больших объемах производства ограниченной номенклатуры продукции.

Гибкая автоматизация характерна для многономенклатурного производства и признана во всем мире основным направлением развития производственной базы машиностроения и приборостроения. Дело в том, что с развитием общества в нем развиваются тенденции перехода к дестандартизации личности. Это обуславливает расширение спектра требований, которые потребитель предъявляет к электронным средствам.

Гибкая автоматизация породила новые аббревиатуры:

– ГПМ – гибкий производственный модуль, при создании которого предпочтение отдается агрегатно-модульным конструкциям (о них подробнее в 4 модуле курса);

– ГПС – гибкая автоматизированная система как организованная совокупность ГПМ, обеспечивающая новое качество производства;

– ГАП – гибкое автоматизированное производство как единый комплекс ГПС, позволяющий организовать даже мелкосерийное производство по прогрессивному технологическому принципу "делай вовремя", то есть строго сколько нужно и когда нужно. Экономятся площади, сокращаются объемы незавершенного производства, буферные запасы.

Гибкость означает не только быстрый переход на новую продукцию в пределах заданной номенклатуры на имеющемся оборудовании. Это создание такого народно-хозяйственного механизма, который обеспечивает не только требуемый технический уровень продукции и ее производства, но и темпы повышения этого уровня.

3.3. Обеспечение надежности оборудования и контроль технологических процессов

Гибкая автоматизация выдвинула ряд сложных проблем. В первую очередь это проблема надежности ГПС и проблема контроля технологических процессов. Эти проблемы уже были в зоне вашего внимания при изучении дисциплин "Основы проектирования электронных средств" и "Управление качеством электронных средств". Полученные при изучении перечисленных дисциплин знания вполне могут быть использованы при решении сформулированных проблем. Поэтому вполне уместно будет вспомнить методы и приемы, изученные ранее. Однако сейчас мы не будем на них подробно останавливаться и рассмотрим особенности обеспечения надежности средств технологического оснащения автоматизированного производства.

Повышение коэффициента загрузки через переход от односменной к двух- и трехсменной работе требует новых подходов к обеспечению надежности технологического оборудования. В этом случае происходит смещение центра тяжести работ по обеспечению надежности от обеспечения ремонтпригодности к обеспечению безотказности работы оборудования. Поэтому в современном автоматизированном производстве серьезно рассматриваются приемы, принятые, например в авиа-

ции, когда отработавшие определенный ресурс узлы самолета снимаются с эксплуатации в воздухе. Применительно к ГПС это может, в частности, означать принудительное изъятие того или иного ГПМ, входящего в состав ГПС, из технологической линейки ГПС. Этот ГПМ вполне можно эксплуатировать вне ГПС как самостоятельную технологическую единицу. В этом случае отказ ГПМ повлечет за собой, согласитесь, менее катастрофические экономические последствия.

Интенсивная эксплуатация предполагает полную или частичную (поузловую) замену технологического оборудования по истечении определенного, установленного из соображений окупаемости, срока службы оборудования на данном предприятии.

Времени на текущий ремонт, как правило, мало, так как простой действующей загруженной ГПС стоит очень дорого. В этом случае надежность оборудования во многом зависит от квалификации обслуживающего персонала, а также от той политики, которую в отношении этого персонала избирает менеджмент предприятия. Ошибочно полагать, что с приобретением дорогостоящих автоматизированных средств технологического оснащения можно не зависеть от тех специалистов, которые его обслуживают. Во-первых, надо предусмотреть затраты на подготовку обслуживающего персонала, а во-вторых, необходимо выстроить менеджмент ГПС таким образом, чтобы этот персонал не ушел в другие фирмы, освободив эти фирмы от необходимости вкладывать средства в подготовку кадров.

Центр тяжести работ по контролю технологических процессов на производствах, претендующих на звание высокотехнологичных, по законам высоких технологий постепенно смещается от контроля параметров готовых изделий к контролю режимов технологических операций. Это становится возможным только при условии знания зависимостей параметров качества изделий от указанных режимов, то есть при наличии соответствующих математических моделей. При этом выясняется, что большинство технологических операций современного производства ЭС этому требованию не отвечает, например, пайка паяльником или "волной" припоя, термовакуумное распыление и т. д.

Глава 4.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И КАЧЕСТВО ЭС

4.1. Качество продукции: терминология и методы оценки

Деятельность специалистов в области разработки, подготовки и сопровождения производства электронных средств протекает внутри так называемого "треугольника противоречий". Вершины этого треугольника: сложность ЭС, качество, сроки разработки. Они отражают основные проблемы разработки и производства ЭС. Стороны треугольника, соединяющие вершины, символизируют не только взаимосвязь основных проблем, но и противоречия, существующие между ними.

Сосредоточим свое внимание на качестве ЭС. Именно качество привлекает к продукции потребителя. На рынке сегодня широкий выбор ЭС, в том числе одного и того же назначения. Как решить проблему выбора? Ответ на этот вопрос каждый потребитель для себя ищет самостоятельно, решая, что купить. Согласитесь, мы порой теряемся перед рядами разнообразных электронных устройств, принимая решение о покупке. Существует такая наука "квалиметрия" — наука о качестве, об измерении качества. Однако не торопитесь изучать эту науку перед походом в магазин. Она пока, в большинстве случаев, не дает ответы на практические вопросы.

Качество связано с эффективностью производства в целом и с отдачей от отдельного сотрудника фирмы. В современном обществе четко обозначилась тенденция увязки оплаты труда с его эффективностью. Условием справедливого распределения вознаграждения за труд является "прозрачность" этого процесса, обеспечить которую можно только при соответствующем объективном обосновании размера вознаграждения, а следовательно, при объективной оценке качества работы специалиста любого уровня, от генерального директора до рядового инженера и рабочего.

Для начала попробуем определить термин *качество продукции*. Наши попытки сделать это на интуитивном уровне без определения вспомогательных терминов не увенчаются успехом. Вспоминаются та-

кие составные части понятия качества продукции, как внешний вид, надежность, размеры, потребляемая мощность, быстродействие, коэффициент нелинейных искажений, динамический диапазон воспроизведения, цена и т.д.

Отчаявшись придумать или найти хорошее определение термина и не желая пользоваться плохими определениями, обратимся к соответствующим ГОСТ по управлению качеством¹ и контролю качества² и увидим, что термин *качество продукции* определяется там через другой термин — *свойство продукции*.

Свойство продукции — это объективная особенность продукции, проявляющаяся при ее создании и эксплуатации. Тогда *качество продукции* определяется как совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Другие термины ГОСТ, заслуживающие нашего внимания: *показатель качества продукции (ПКП)* определяет количественную характеристику свойств, *единичный ПКП* относится только к одному из свойств, *комплексный ПКП* — к нескольким свойствам. Отметим еще один стандартный термин *интегральный ПКП*, под которым понимается комплексный ПКП, отражающий соотношение суммарного полезного эффекта и суммарных затрат на создание и эксплуатацию продукции.

Практика разработки ЭС привлекает внимание к комплексным и интегральным ПКП. Нетрудно заметить, что единичные ПКП, используемые для определения комплексных, как правило, отличаются разнонаправленностью, размерностью и относительной значимостью в зависимости от ситуации, в которой выполняется расчет комплексного ПКП.

Математики сводят задачу определения комплексного ПКП после решения проблем размерности, разнонаправленности и относительной значимости к "свертке" единичных ПКП. Частным случаем свертки мо-

¹ГОСТ 15467–79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. — М. : Изд-во стандартов, 1980. — 24 с.

²ГОСТ 16504–81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. — М. : Изд-во стандартов, 1991. — 28 с.

жет быть безразмерная сумма единичных ПКП с весовыми коэффициентами, хотя в общем случае нельзя свертку сводить только к суммированию.

Серьезной и достаточно очевидной альтернативой математическим способам определения безразмерных интегральных ПКП может стать методика, использующая стоимостные показатели. Рентабельность и прибыль, как известно, связаны с использованием денег в качестве меры при оценке эффективности того или иного решения конструктора, технолога или менеджера.

4.2. Технологичность конструкций ЭС

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.

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

Стандартная методика достаточно подробно изложена в [2, 7] в части основных расчетных соотношений, ранжирования и нормирования частных показателей технологичности. Среди заводских технологов отраслевая методика расчета технологичности, однако, не пользуется популярностью, поскольку в ней предлагается "идти вперед, глядя назад".

Перечислим 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;

- преимственность 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. Конструктор, таким образом, должен хорошо знать возможности и ограничения того производства, где будет изготовлено изделие;
- нормоконтролером в процессе нормоконтроля и 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.

4.3. Сущность системного подхода и концепции CALS

Несмотря на то что понятие *система* постоянно упоминается в различных инженерных дисциплинах и кажется достаточно ясным на интуитивном уровне, по поводу ответа на вопрос "Что такое система?" существует много разногласий. Это объясняется тем фактом, что понятие *система* многозначно.

В переводе с греческого — целое, составленное из частей. Одно из определений: система — это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность и единство.

Следует отметить, что существенное место в понятии *система* занимает принцип целостности, согласно которому взаимосвязь элементов порождает новые системные свойства, не присущие отдельным элементам. Из этого следует, в частности, что оптимальные элементы не всегда приводят к созданию оптимальной системы.

Системный подход не существует в виде строгой методологической концепции, но отдельные моменты можно выделить:

- в качестве начального этапа изучить элементы (операции, элементные технологические процессы);
- изучать связи, объединяющие элементы в систему;
- изучать в развитии, борьбе противоположностей, как источнике развития, в отрицании отрицания, переходе количества в качество.

С системным подходом тесно связаны концепция и стратегии CALS. Основной проблемой, стоящей сейчас перед отечественной промышленностью ЭС, является повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий. Добиться повышения конкурентоспособности изделия можно:

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

Основным способом повышения конкурентоспособности изделия является повышение эффективности процессов его жизненного цикла (ЖЦ), то есть 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.

Основой концепции CALS является повышение эффективности процессов ЖЦ изделия за счет повышения эффективности управления информацией об изделии. Задачей CALS является преобразование ЖЦ изделия в высокоавтоматизированный процесс путем реструктуризации (реинжиниринга) входящих в него бизнес-процессов.

CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) переводится как "непрерывное развитие и поддержка ЖЦ" и символизирует две основные идеи, реализующие задачу CALS. 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. В эти процессы должны быть включены и предприятия серийного ремонта сложных наукоемких изделий. 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 приведет к увеличению инвестиций 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 ремонта, 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 увеличением сложности изделий и применением для их разработки современных компьютерных систем, значительно увеличивается 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предпринята попытка системного введения в технологии производства электронных средств с учетом реалий современности: интеграции российской электроники в мировое разделение труда, системного кризиса образования из-за лавинообразного роста объема знаний, влияния уходящих стереотипов мышления, необходимости гибкой автоматизации производства ЭС, повышения роли науки и технологий при переходе к постиндустриальному обществу.

Приведенные ниже вопросы и задания нацелены на формирование творческого подхода к изучению технологических проблем современного производства ЭС. Не следует забывать при этом, что с позиций системного подхода эти проблемы следует рассматривать совместно с другими аспектами развития промышленности и общества в целом.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что дает студенту многообразие образовательных траекторий?
2. Охарактеризуйте основные черты "высоких технологий".
3. Какие признаки могут быть использованы для характеристики поколений ЭС?
4. Какова роль радиоэлектронной промышленности в становлении инновационной экономики в России?
5. Обоснуйте свой вариант расположения уходящих стереотипов мышления в порядке степени их "тормозящего эффекта".
6. Что мешает предприятиям Владимирского региона (вашего города) выйти на уровень лучших мировых образцов электронных средств?
7. В чем заключаются особенности обеспечения надежности технологического оборудования и контроля технологических процессов?
8. Как соотносятся понятия качество и технологичность ЭС?
9. Что может дать отечественным разработчикам и производителям ЭС реализация стратегии CALS?
10. Каковы последствия увеличения объема информации об изделии?
11. Как проявляют себя коммуникационные барьеры между участниками жизненного цикла изделия?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация функционального тестового контроля логических микросхем : метод. указания к практическим 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. Методы и средства параметрического контроля интегральных микросхем : учеб. пособие / В. П. Крылов ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 1998. – 52 с. – ISBN 5-89368-075-8.
5. Крылов, В. П. Пособие по подготовке магистерской диссертации для студентов, обучающихся по магистерской программе 551106 "Обеспечение качества и сертификация электронных средств" / В. П. Крылов ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2003. – 32 с. – ISBN 5-89368-433-8.
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.

Учебное издание

КРЫЛОВ ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЧ

ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Редактор Л.В. Пукова

Технический редактор Н.В. Тупицына

Компьютерная верстка В.П. Крылова

Подписано в печать 16.06.06.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Литературная.

Печать на ризографе. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,94. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.