

# О стандартах, качестве и проблеме языка в одной отдельно взятой стране

**Начнем издалека. В стремлении решить вопрос «мыть или не мыть?» в технологической периодике и на форумах сломано немало копий. Рискну утверждать, что этот вопрос никогда не имел и не будет иметь однозначного ответа. Все зависит от конкретной технологии, оборудования, добросовестности персонала и условий, в которых предполагается использовать электронное изделие.**

**Олег Пилипенко**

madtiff@yahoo.com

Оставим в стороне авиацию, космическую и военную технику и прочие области использования электронных устройств, где для достижения наивысшей степени надежности никто не считается ни с какими затратами. И правильно. Любая ошибка здесь может привести к катастрофическим последствиям, цена которых многократно превышает любые мыслимые затраты на надежность. Остановимся на повседневных применениях изделий электроники — автомобилестроении, телекоммуникациях, бытовой электронике. И вот тут-то с отмывкой можно и поварьировать. В смысле, поспрашивать себя и других: «А надо ли?» Давно я задавал себе такой вопрос и не находил ответа. Но постепенно разрозненные сведения стали складываться в целостную картину. Благо, есть у кого поучиться. Ведь остальной мир давно ответил на этот вопрос, накопил опыт и систематизировал его в виде стандартов IPC, которые объединены в группу Cleaning/Cleanliness. В сущности, это не стандарты в нашем понимании, а технологические инструкции (IPC-AC-62, IPC-CN-65, IPC-SM-830, IPC-9201, IPC-SC-60, IPC-SA-61). Пожалуйста — бери, учись и делай. Однако много ли предприятий похвастается тем, что имеет в своей библиотеке стандартов хотя бы десяток стандартов IPC? Сколько технологов электронных предприятий видели их в оригинале, а не в рекламной интерпретации небескорыстных распространителей? Предвижу возражения: дескать, стандарты-то на английском, стоят недешево. А цена переводных версий и без того дорогих стандартов возрастает в разы. Например, год назад OSTEC предлагал стандарт IPC-A-610C на бумаге за 130 евро, на диске — за 170 евро, на бумаге плюс черно-белый перевод на русский язык — за 250 евро, на бумаге плюс цветной перевод на русский язык — за 400 евро (цены годичной давности и могли измениться, но соотношения, думаю, остались преж-

ними). Во-первых, сегодня подобная информация на бумажном носителе — это не рабочая документация, а макулатура. Во-вторых, за такие деньги проще обучить технологов на курсах технического перевода, и они смогут работать с оригинальными версиями стандартов. Весь необходимый словарный запас для чтения подобной литературы ограничивается в лучшем случае сотней слов (а в большинстве — хватит и пятидесяти). Такие материалы — просто клад, многолетний опыт, который «продвинутые буржуи» дарят нам со словами: «Попробуй, догони!», поскольку знают: никогда не догоним. Потому что читать не умеем. Будучи главным технологом, я попытался приобрести для нашего предприятия пакет из 15 стандартов на CD, за символическую сумму в 856 евро. Инициатива была мирно задумана в коридорах власти именно на основании того, что стандарты на английском языке. Вот на русском мы бы купили. И одним махом отрезали себя от мирового опыта. Нет, мы все-таки измором заставим комиссию IPC перевести свои труды на русский язык для 1/6 части суши.

Но вернемся к сути вопроса. Итак, автомобильная электроника, открывающая широкий простор для пытливого ума. Поднимаем капот (естественно, иномарки, естественно б/у — кто ж позволит ковыряться в новом авто!). Находим блок управления. Произведено фирмой BOSCH, собрано бог знает где. В современных иномарках (современными для нас являются автомобили, выпущенные лет 10 назад) блок управления, называемый в народе «мозги», управляет многими электрическими функциями (впрыском топлива, зажиганием, кондиционером и т. п.). Достаем его из пластмассовой коробочки и вскрываем относительно герметичный корпус (относительно герметичный потому, что нет в нем вакуума и окружающий воздух в принципе может проникать в него). И что же мы видим?

О, ужас! 10 лет назад они не мыли ни поверхностный, ни выводной монтаж и влагозащитным лаком не покрывали. На пайках поверхностного монтажа явственно видны остатки флюса. На нижней стороне платы четко видны следы флюса после пайки волной припоя. Форменное безобразие. Между тем работает уже 10 лет при перепадах температур от +70 до -30 °С. И еще много лет, надеюсь, будет работать. Приняв во внимание все известные и предполагаемые факторы, результаты личных наблюдений за последние пять лет, приблизительно вычисляем отставание в технологии сборки электронных изделий. Получаем лет 20–25. И это несмотря на то, что основы данных технологий были разработаны в Советском Союзе раньше, чем на Западе. А 25 лет отставания в XXI веке можно приравнять к 50 годам в XX столетии. Конечно, мне, наверное, возразят, дескать, в космос мы летаем не хуже американцев (а даже и лучше), самолеты наши падают не чаще, но не космосом единым жив человек, и на самолете среднестатистический человек летает раз в 5 лет (а то и реже). А ежедневно он пользуется автомобилями, светофорами, электроникой и бытовой техникой.

Откуда же берется такое отставание? Да, перестройка крепко ударила самодовольную, но абсолютно неэффективную экономику. К тому же постоянная нехватка средств. Но думать про это, читать про это, использовать свои знания при любой представившейся возможности — никто не мешает. «Разруха в головах», — говорил профессор Преображенский. Отставание складывается из череды невинных заблуждений, которые на первый взгляд кажутся незначительными.

**«...коридоры кончаются стенкой,  
а туннели выводят на свет»**

Расскажу еще о паре невинных заблуждений, которые вечно заводят в тупик развитие технологической мысли. Первое относится к применению флюсов с малыми остатками, не требующими отмычки после пайки. Года четыре назад я пытался начать разговор об их использовании — как, мол, удобно, красиво и чисто! На что опытные технологи ответили, дескать, все это ерунда и был у них опыт применения. После некоторого периода работы в сыром помещении спаянные платы «зацвели», то есть покрылись плесенью. Страшное дело. На том опыты и прекратились. Впрочем, вскоре выяснилось: флюс этот «наколдовал» в ведерке какой-то местный алхимик. Ну, не получилось с первого раза... Рецепт приготовления был прост: 20% канифоли, 78% чистого этилового спирта и какой-то там активатор. «Смешать, но не взбалтывать» — как говаривал незабвенный Джеймс Бонд. И все полезные и нужные ингредиенты всегда под рукой: канифоль (натираение смычков, подошв, приводных ремней), этиловый спирт (натираение всего, что только можно потерять, жидкий эквивалент). А в каком количестве он испаряется? А в таком, какой необходим для

натираения. И установку пайки такой канифольный флюс так уделывает, что ни в жизнь не отодрать. И потом спиртобензина сколько нужно, чтобы всю грязь на платах отмыть. В общем — всем работа найдется. Ну и что? Мы работы не боимся. А они боятся (те, которые живут на полном капиталистическом хозрасчете, а не на невесть откуда взявшихся инвестициях и преференциях). Потому что работа дорогого стоит. Особенно работа рук человеческих. Потом я все-таки привил к новым видам флюсов любовь и уважение. И оказалось, что такие известные марки, как КОКИ, STANOLL, Multicore, заслужили, чтобы им доверяли и пользовались их продукцией, а не размешивали канифоль в бочке со спиртом. И что изготовление расходных материалов для пайки является отдельной и ответственной отраслью производства электроники, а не алхимией. И что мелкому предприятию нет необходимости проверять продукты известных и авторитетных компаний, выпускающих материалы для пайки в химических лабораториях. Их техническим описаниям и сертификатам можно доверять.

Вторая история — про водную отмычку. Как можно отмыть канифольный флюс водой и стиральным порошком в посудомоечной машине? Четыре года назад я и представить не мог. Несколько позже, к своему стыду, прочитал в каком-то советском ГОСТе про мощные средства и щелочные концентраты для отмычки плат после гальваники и пайки, которыми пользовались еще в 1970-е годы. Повинуясь вспышкам интуиции и сведениям из-за бугра, стал остороженько внедрять водную отмычку в своих технологических процессах. Купили слабенькую струйную машинку. Почему слабенькую? С одной стороны, хотелось проверить предположения, с другой — была стойко растущая уверенность в том, что на нашем производстве, при применении флюсов с малыми остатками, не требующими отмычки, в большинстве случаев отмычка не нужна вообще. То, что отмываются изделия, спаянные с применением бесканифольных флюсов с малыми остатками, не вызвало особого удивления. Попробовали сразу мыть платы после пайки с канифольным флюсом (как и положено по технологии). Результат превзошел все ожидания. Встал вопрос о модернизации мойки в сторону увеличения производительности и уменьшения расхода деионизированной воды. Был разработан вариант водной отмычки с двумя струйными машинами (раздельный цикл мойки и ополаскивания деионизированной водой), описанный в статье «Отмычка: как не тратьтея попусту?», № 1'2006. Еще через год (очень долго) все-таки пришло понимание, что вместо модернизации, предполагающей увеличение производительности мойки, необходимо дооснастить установку пайки волной припоя устройством флюсования распылением, тем самым исключив попадание смыхтых окислов обратно в емкость с флю-

сом и испарение растворителя из флюса. Что является основой для перехода на безотмывочную технологию. Приблизительно в течение года, пока внедрялась водная отмычка, только ленивый не пнул этот процесс (и меня, как идейного вдохновителя) при любой ошибке или возникшей проблеме. То таинственные пробои между печатными площадками при испытаниях высоким напряжением (а как же, если после отмычки кто только не прикасается к изделию руками). То таинственная жидкость проникает в герметичный корпус реле и вызывает там такую коррозию, что не приведи господь (пришлось самому ставить эксперимент и доказывать, что применяемые отмылочные средства вообще не вызывают коррозии, буквально мочить разобранные реле в течение нескольких недель). Какие только проблемы не приписывали водной отмычке. Несколько раз меня «убедительно просили» заменить водную отмычку плесканием в тазиках со спиртобензином. Однако водную отмычку удалось отстоять. Правда, развитие происходило по несколько иному, но все-таки водно-струйному пути. Была использована старая конвейерная машина, предназначенная для отмычки печатных плат после их изготовления. А через некоторое время (надо сказать, немалое) все увидели, что это хорошо. И, главное, все теперь так делают, а кто еще не делает — то стремится к этому, поскольку вода есть универсальный растворитель.

А теперь вернемся к проблеме технологического отставания. Общая формула такова: (обучение + конструирование + технология + оборудование + современные комплектующие изделия + современные материалы + тщательное соблюдение требований технологии + жесткий контроль + конструктивный анализ результатов + обратная связь) помножить на жесткую конкуренцию. Посмотрим, чего нам не хватает?

Обучение. Обучение в смысле целенаправленного внедрения в умы информации в вузах, на курсах и семинарах. Самообучение здесь не принимается в расчет. Беру под сомнение актуальность содержания и методов обучения большинства современных вузов. Там учат не тому, как должно быть, а тому, как есть. И правильно. Но что у нас с вами, товарищи, есть? Вот то-то и оно! Есть у нас то, что осталось. Вложение средств (в том числе и государственных) в отбор и обучение способной молодежи на современном уровне (в том числе и за границей) самое продолжительное, но дающее наибольшую прибыль в будущем. Курсы и семинары проводятся в основном фирмами, продающими оборудование и расходные материалы. В общем-то, содержательно для тех, кто делает первые шаги в технологии сборки и пайки электронных изделий, но не более того. К тому же тенденциозная подача информации запутывает и вводит в заблуждение. В ответ на вопрос, зачем же это все нужно покупать и внедрять, от продавцов редко можно получить вразумительное технико-экономическое обоснование.

Пока свою прибыль они умеют считать лучше, чем прибыль клиентов.

Конструирование. При конструировании закладываются все основные свойства будущего изделия — потребительские характеристики, технологичность, надежность, современная элементная база, себестоимость и т. д. Вот некоторые технологические рекомендации, которые я пытался предложить конструкторам года три назад. Несмотря на все усилия, с тех пор мало что изменилось.

#### Технологические рекомендации по размещению элементов на печатных платах

Применение монтажа на поверхность платы не просто модная тенденция, а наиболее доступный, быстрый и недорогой способ сборки изделий на печатных платах, идеально подходящий для автоматизации процесса, повышающий надежность изделия, снижающий его себестоимость. Поэтому максимальное использование монтажа на поверхность и сокращение монтажа в отверстия является нашим общим долгом перед нашим предприятием и будущими поколениями.

1. Идеальным случаем (наиболее технологичным) размещения элементов является установка поверхностных и выводных элементов на одной стороне печатной платы.
2. При невозможности выполнить п. 1 следует располагать МСХ и ЭПМ (элементы поверхностного монтажа) высотой более 1,5 мм со стороны установки выводных элементов, а остальные ЭПМ, допускающие пайку волной припоя, — со стороны пайки (кроме отдельных случаев, когда изделие не является стандартным ТЭЗом для установки в стандартную кассету, в которых со стороны пайки могут при необходимости располагаться ЭПМ высотой до 4 мм).
3. При невозможности выполнить п. 2 смотри п. 1.
4. ЭПМ одного типоразмера необходимо располагать на одной стороне.
5. Стороны платы, свободные от разъемов, должны быть спроектированы таким образом, чтобы расстояние от края платы до ближайшего корпуса элемента или ближайшего края печатной площадки, подлежащей пайке, было не менее 4,75 мм.
6. В плате необходимо выполнить два базовых отверстия разного диаметра (например, D1,5 мм и D2,0 мм) на максимальном удалении друг от друга. При наличии крепежных отверстий их можно использовать в качестве базовых.
7. На плате, со стороны установки элементов, необходимо нанести два реперных знака на максимальном удалении друг от друга для автоматического сканирования в виде круглой печатной площадки диаметром от 1 до 3 мм, имеющей зону, свободную от паяльной маски диаметром от 2 до 6 мм соответственно. В этой зоне не должно быть маркировки и электронных компонентов. Со стороны пайки кроме вышеуказанных реперных знаков необходимо дополнитель-

но нанести два реперных знака для юстировки клеевого трафарета диаметром 1,5 мм.

8. При установке со стороны пайки длинные стороны ЧИП-компонентов и SO-корпусов необходимо располагать взаимно перпендикулярно. ЧИП-компоненты должны располагаться длинными сторонами перпендикулярно сторонам платы, свободным от разъемов. При монтаже со стороны установки компонентов вышеуказанные элементы можно располагать произвольно.
9. Разъемы, расположенные внутри контура платы, нужно располагать длинной стороной параллельно краевым разъемам, то есть перпендикулярно стороне платы, свободной от разъемов.
10. Размеры контактных площадок под ЭПМ определяются размерами и расположением выводов, рекомендациями производителей, способом пайки (паяльной пастой в печи или на волне припоя). Стандарт IPC-SM-782 A.
11. Независимо от способа пайки печатные площадки под ЭПМ должны быть отделены от дорожек, переходных отверстий и отверстий для монтажа паяльной маской.
12. В перечне элементов необходимо указывать тип корпуса ЭПМ.
13. К конструкторской документации необходимо прикладывать рекомендации производителя по режимам и способам пайки, конструкторские требования по качеству и способу отмычки собранной печатной платы (допустима ли отмычка вообще и ультразвуковая отмычка в частности).

#### Памятка конструктору

Конструктор, помни! Технолог не враг, а друг. Множество гениальных решений погибло из-за того, что они не могли быть воплощены в жизнь достаточно быстро, недорого и многократно. Высокая технологичность изделия нужна не технологю, а конструктору, так как неизбежно приводит к:

- сокращению затрат на изготовление изделия (в том числе опытной партии);
- значительному сокращению сроков изготовления изделия;
- повышению надежности изделия;
- формированию уважительного отношения простого рабочего человека к красиво сформулированной и четко изложенной конструкторской мысли;
- увеличению коэффициента воплощаемости полета конструкторской мысли в полезные, красивые, надежные изделия.

Сокращение (в виде упрощения) срока подготовки конструкторской документации на 1 день приводит к увеличению срока изготовления изделия на 3 дня.

Удешевление комплектации — прямой путь к удорожанию изделия и снижению надежности!

Каждая ступенька, на которую мы с трудом взбираемся сегодня, завтра становится фундаментом, с которого можно шагнуть на следующую (в смысле того, что каждый раз нужно

стремиться достичь максимально возможного уровня разработки, поскольку данный уровень является отправной точкой для последующих разработок).

Есть новая технология и новое оборудование. А делать нечего. Хотя работы много. И выводные элементы найти все труднее, впрочем, их с трудом, но находят. Такова сила инерции. Дополнительные затраты на стадии разработки изделия, направленные на повышение его технологичности, применение современных комплектующих изделий многократно окупаются при его последующем производстве.

Современные технологии сборки электронных изделий не являются секретной темой, и информации по ним предостаточно, как на русском, так и на английском языке.

Оборудование. Ежегодно проходят выставки, на которых есть на что посмотреть и выбрать. То же самое касается современной комплектации и расходных материалов. Правда, это оборудование стоит немалых денег.

Соблюдение требований технологии или технологическая дисциплина. Здесь бывает по-разному, но в среднем плохо, а кое-где техпроцесс и за документ не считают. Потом выходит как всегда. И виноватых нет.

Жесткий контроль. Здесь у постсоветских производителей совсем плохо. Если на предприятиях, выживших в лихие годы перестройки (в основном это оборонные производства), сохранились какие-то понятия о техническом контроле и его важности, то у руководителей предприятий, появившихся 8–10 лет назад, по старой неприязни ко всяческому контролю так и чешутся руки упразднить эту «ненужную» службу и сам процесс. Если предприятие идет на дно или ставит перед собой задачу повышения конкурентоспособности своей продукции путем снижения ее себестоимости, то в любом случае первыми под сокращение попадают контролеры, затем — технологи. Потом сырье, материалы и комплектующие изделия заменяются дешевыми. На себестоимость продукции такие усечения существенно не влияют, а на качество сказываются отрицательно. И если предприятие не является монополистом, оно разрушается. Быстро или медленно — зависит от его размеров. «Тому в истории мы тьму примеров слышим». Для кардинального решения этой проблемы необходимо перейти от контроля качества к системе его обеспечения и управления на всех стадиях жизненного цикла продукции, что возможно только после технического перевооружения предприятия. В такой системе контроль собственных характеристик продукции, хода и результативности процессов является основой для принятия взвешенных управляющих решений и успешного непрерывного внутреннего менеджмента. Сбор, анализ результатов деятельности и предоставление руководству организации объективных данных о соответствии выпускаемой продукции ее назначению и процессах, происходящих на предприятии, должна выполнять специальная служ-

ба, именуемая иногда службой качества. Именно это в вышеприведенной формуле именуется «конструктивным анализом результатов и обратной связью». В состав такой службы входит ОТК, выполняющий функции контроля и сбора статистических данных о несоответствиях продукции.

И наконец, о конкуренции. Не было конкуренции, нет и не будет. «Да скифы мы, да азиаты мы...» Насчет азиатов поэт, пожалуй, погорячился. Азиаты вон весь мир заполнили своей продукцией. Япония давно показала, на что она способна. Сингапур, Тайвань, Южная Корея сделали имя и деньги. Но это цветочки. Сегодня на мировой рынок электроники, раздвигая всех конкурентов плечами и тесня, казалось бы, еще вчера незыблемые авторитеты, выходит Китай с его безграничными человеческими ресурсами, дисциплиной и нечеловеческим трудолюбием. Вчера теснили только ценой. Сегодня еще и качеством. Более того, Китай делает стратегически важный шаг по пути развития своей экономики, начиная выпускать средства производства для электронной промышленности. Для себя и для нас. О сборочном оборудовании говорить не стану, но китайскую машину для пайки волной припоя, которая стоит вдвое дешевле европейских аналогов, видел. Это с доставкой, прибылью, таможенной, налогами и прочими сопутствующими затратами. Так сколько же она стоит у производителя? Следовательно, низкая цена китайских товаров происходит не только по причине варварски низкой зарплаты и неисчерпаемого трудолюбия китайских рабочих, но и за счет использования недорогих средств производства собственного производства. А мы поддерживаем чужих производителей, платим пошлины и налоги государству, откаты, проценты по кредитам (один с сошкой, семеро с полониками). И утешаем себя набившей оскоминой цитатой, будто «средства производства хоть и стоят дорого, но ничего не стоят, потому что приносят прибыль». В результате имеем высокую себестоимость производства. Развернув производство на новом технико-технологическом уровне, можно, конечно, закрыть глаза на амортизацию оборудования и через 7–10 лет снова получить тот же итог — устаревшие технологии и оборудование. Деньги выброшены на ветер. Производство электроники вообще не может стоять на месте. Это как бег вверх по эскалатору, движущемуся вниз. Чтобы забраться на самый верх, нужно бежать быстрее эскалатора. Чтобы оставаться на месте, нужно бежать вверх. Остановился — поехал вниз. Мысль не новая. Но это о международной конкуренции. Внутри же каждой отдельно взятой страны государство должно создавать правила игры и быть беспристрастным арбитром. А так хочется сверху помочь своим. ...Так хочется «подмазать» там, где нужно, государственную машину — снизу. И молодой капитализм с самого начала своего развития становится загнивающим. Но единственным стимулом экономического развития любого человеческого общества является здоровая конкуренция. Для начала — внутренняя.

Поэтому конкуренция есть множитель, а не слагаемое.

Из всего вышесказанного вырисовывается следующая картина. Вроде бы все у нас есть. И кадры, и информация, и оборудование, и материалы, и комплектация современная. Только кадры мы использовать не умеем, информацию прочитать не можем, оборудование чрезвычайно дорого, а современная комплектация не востребована. Ничего нового. Так ведь нашими заведено, так и нам жить. А что касается остального мира — он нам не указ.

В заключение несколько замечаний.

1. Если новые инженерно-конструкторские разработки будут опираться на вчерашние знания, элементную базу и технологии — мы будем иметь высокую себестоимость производства электронных изделий (именно поэтому, а не потому, что у нас холодно).
2. Новые инженерно-конструкторские разработки, созданные на современной элементной базе и с учетом современных технологий изготовления, потребуют модернизации производств. Такую продукцию невозможно (или нерентабельно) изготавливать на морально устаревшем и физически изношенном оборудовании, оставшемся от славных лет социалистического расцвета, застоя и заката.
3. Если капитальные вложения в отрасль будут распределяться по принципу «этому дала, а этому не дала» — она никогда не встанет с колен. Вроде правильная концепция — увеличение масштаба производства должно приводить к снижению цены. Ан нет. У нас чем круче производство, тем выше цена. А о вреде монополий, я думаю, говорить не нужно.
4. Если люди, представляющие крупное контрактное производство, начинают объяснять потенциальному заказчику, почему он должен платить за сборку своего изделия больше, чем того хочется заказчику, то нарушается один из основных принципов свободной конкуренции — заказчик всегда прав. Надо объяснить ему, что за микроскопические (в понимании подрядчика) деньги можешь обеспечить такой-то уровень качества. Или отправить его к другому подрядчику. Или создать у себя участок с простеньким оборудованием, где себестоимость производства будет ниже и в процессе изготовления изделия не будет простаивать треть оборудования технологической линии. А объяснять по примеру Незнайки, дескать, не досрели вы до нашей музыки (понимай — до наших цен), несколько грубовато. И вообще, что за парадокс? Экономическая наука учит нас: увеличение масштаба производства имеет положительное следствие — снижение себестоимости производимой продукции. Здесь же все наоборот. Хотя почему? Если контрактники, обладающие такими линиями, хвалятся гибкостью своего производства. Парадокс? Отнюдь. Производство малых и средних серий на мощных технологических линиях нерентабельно. А именно такими сериями сегодня изготавливается

большая часть номенклатуры электронных изделий. И всегда будет изготавливаться. А гибкость мощных технологических линий (возможность быстро переходить от изготовления одного изделия к другому) не может быть использована в полной мере при изготовлении малых и средних серий электронных блоков. Чтобы там ни говорили производители и продавцы оборудования.

5. Изготовление любой продукции для потребителя должно быть как можно менее обременительным для кармана потребителя. Цена (с учетом инфляции) на потребительские изделия ежегодно снижается или новые аналогичные изделия наделяются дополнительными полезными функциями за те же деньги. Основами этого является усовершенствование конструкции (см. п. 1) и совершенствование технологии, что в свою очередь приводит к снижению трудоемкости и себестоимости производства. Соответственно, высвобождаются ресурсы (деньги, люди, время) для совершенствования конструкции и технологии. Таким образом, осуществляется подъем по спирали производственного процесса, каждый виток которой должен выводить производство на качественно новый уровень технологии и организации.
6. Изготовление вообще является самым простым и определенным процессом жизненного цикла продукции. Под изготовлением продукции здесь следует понимать совокупность технологических процессов, которые осуществляются с целью создания продукции с заданными свойствами. Производство, кроме непосредственно изготовления, включает и ряд процессов (планирование, управление персоналом, управление процессами, анализ, снабжение и т. д.). Требуемые характеристики продукции, комплектующих изделий и материалов четко определены. Остается только организовать мониторинг собственных характеристик производимой продукции, закупаемых комплектующих изделий и материалов и добиваться их соответствия требуемым. Следовательно, этот процесс можно максимально оптимизировать по организационным, экономическим и качественным показателям (минимальное время изготовления, минимальная себестоимость при качестве, удовлетворяющем заказчика). В краткосрочном периоде (один цикл «разработка– производство») необходимо стремиться максимально сокращать время и стоимость постановки на производство, время и себестоимость изготовления продукции, увеличивая вложения в разработку, ее технико-технологический уровень.
7. В любом продукте самым ценным для потребителя — по цене, потребительским свойствам и надежности — являются не комплектующие, из которых он состоит, не оборудование, на котором он сделан, а идеи, заложенные при его разработке и конструировании. Именно эти идеи должны сделать продукт привлекательным для потребителя и удобным для производства.