

# О выходе годных, трудоемкости и сроках изготовления печатных плат

Посвящаем Ю. М. Юрчеву, К. И. Гусеву, В. М. Чернову —  
начальникам цеха печатных плат,  
проработавшим на ОЗ НИИДАР в общей сложности более 40 лет.

**В статье приводится зависимость коэффициента запуска от выхода годных, количества плат и вероятности их изготовления; показывается влияние стратегии запуска на сроки изготовления и расход трудовых ресурсов, а также поставлена задача необходимости разработки интеллектуальной программы выбора стратегии запуска.**

## Немного истории

**Владимир Сергеев,  
к. т. н.**

svpk@tut.by

**Александр Ливерко**

В советское время в производстве печатных плат было широко распространено понятие «выход годных». Это понятие используется в различных отраслях производства и, в первую очередь, в интегральных технологиях (полупроводниковой, толсто- и тонкопленочной технологиях, технологии печатных плат). Имелся стандарт, в котором определялась методика расчета выхода годных и давались примеры расчета материальных и трудовых ресурсов. Величина выхода годных устанавливалась предприятиям директивно. Чтобы защитить фонды на материал и оборудование, необходимо было представить мероприятия по повышению выхода годных, проводились семинары, где обсуждались разные аспекты этого вопроса. Большое значение стали приобретать службы нормативного учета.

Появились понятия «фондируемый» и «строго фондируемый материал». Чтобы приобрести фондируемый материал, предприятие должно было произвести расчет необходимого количества материалов, составить заявку на основе этого расчета, защитить ее в главке. Поэтому с предприятия в главк сновали ходоки, задачей которых было «выбить фонды» на дефицитные материалы, комплектующие и оборудование. А дефицитным было все кроме денег. Ходоками обычно были мужчины, приятные во всех отношениях, умеющие разговаривать с министерским людом. Иногда они «получали подкрепление» в виде «технарей», задачей которых было продемонстрировать министерскому начальству архисложность плат и практическую невозможность дальнейшего повышения выхода годных. В конце концов, ходоки с триумфом привозили на предприятие «защищенные фонды», а главк оставался с расчетами необходимого количества материалов и мероприятиями по повышению выхода годных. Жизнь кипела, бурлил технологический прогресс.

С приходом капитализма в Россию выход годных потерял свою популярность. Всякая информация о нем исчезла с печатных страниц и из выступлений на семинарах. Оно и понятно: если выход годных близок к единице, о нем и говорить нечего, а если заметно меньше, то не хочется, ведь у заказчика может сложиться мнение о нестабильности производства. В интенсивно развивающихся отраслях промышленности высокий выход годных практически невозможно обеспечить, так как сложность конструкций растет быстрее, чем совершенствуется технология, которая более статична по своей природе. Низкий коэффициент выхода годных деформирует такие производственные показатели, как коэффициент запуска, трудоемкость, расход материалов, сроки изготовления и, как следствие, стоимость. Провести достоверный расчет этих показателей без учета вероятностных факторов невозможно.

Рассмотрим три в какой-то степени типовые задачи, возникающие при работе с низким коэффициентом выхода годных.

Вначале определимся с обозначениями:

- $V_g$  — выход годных;
- $K_{zap}$  — коэффициент запуска;
- $n$  — необходимое количество плат;
- $m$  — необходимое количество заготовок для получения  $n$  плат.

Коэффициент запуска в данной статье мы рассматриваем как отношение количества заготовок ( $m$ ), необходимых для изготовления заданного количества плат ( $n$ ), к их количеству. Таким образом:

$$K_{zap} = m/n.$$

### Задача 1

Нужно изготовить 100 плат одной номенклатуры. Выход годных равен 65%. Следует определить необходимое для запуска количество заготовок ( $m$ ) и оценить вероятные сроки изготовления.

Здесь возможны два варианта: запуск по факту и расчетный запуск.

Запуск по факту производится, когда нет данных по выходу годных или нет жестких требований по срокам.

Запускаем 100 заготовок.

Проходит производственный цикл, и мы имеем некоторое количество годных плат. Наиболее вероятное количество этих плат:

$$100 \times 0,65 = 65.$$

По полученным результатам запускаем недостающее количество, в данном случае — 35 = 100 – 65 заготовок, и поступаем так последовательно, пока не будет изготовлена последняя плата. При известном выходе годных можно определить количество дозапусков и, соответственно, вероятный срок изготовления всех плат. При выходе годных 0,65 и количестве 100 плат ожидаемое количество дозапусков составит 5. Это наиболее экономный вариант, так как не изготавливаются лишние платы, более того, таким образом можно определять выход годных.

Запуск по расчету производится при известном выходе годных или когда заказчик предъявляет требования по срокам. В этом случае реализуется принцип «стоимость в обмен на скорость». Здравый смысл подсказывает, что необходимое количество заготовок  $m$  можно определить из отношения:

$$m = n / K_{vg} = 100 / 0,65 = 154.$$

Соответственно, коэффициент запуска будет равен:

$$K_{zap} = 1 / 0,65 = 1,54.$$

Такой подход устанавливался директивными письмами, стандартами по расчету материальных и трудовых ресурсов. При этом предполагается, что при запуске 154 заготовок будет получено 100 годных плат. Однако это не соответствует действительности, так как в данном случае вероятность изготовления не менее 100 плат будет равна 0,5. Вероятность получить ровно 100 плат будет весьма мала (где-то около 0,001), а вероятности получения 101 и 99 плат будут равны. Таким образом, нас ожидает вариант из двух:

- Будет изготовлено больше 100 плат, и заказ будет закрыт, при этом платы сверх ста пойдут на утилизацию, так как они никому не нужны.
- Будет изготовлено менее 100 плат, и придется производить дозапуск.

В результате предприятие будет в перерасходе по трудозатратам и материалам, и при этом в 50% случаев удлинятся сроки выполнения заказа. Можно обеспечить более высокую вероятность получения не менее 100 плат, запустив в производство большее количество заготовок. Например, если запустить 166 заготовок, то вероятность получения 100 и более плат уже будет равна 0,9, и дозапуск придется производить только в одном случае из десяти.

### Задача 2

Нужно изготовить платы 4 наименований общим количеством 100:

- p1 — 1 шт.;
- p2 — 9 шт.;
- p3 — 20 шт.;
- p4 — 70 шт.

Выход годных — 65%. Следует определить необходимое для запуска количество заготовок ( $m$ ) и, соответственно, коэффициент запуска.

Запуск по факту производится так же, как в предыдущем случае, и расход заготовок будет такой же.

Запуск по расчету. Здесь необходимо определить количество заготовок по каждой плате с учетом сроков изготовления всей партии.

Вначале рассмотрим, к чему приведет навязываемый директивами вариант расчета, когда количество заготовок определяется делением количества плат на выход годных (табл. 1).

Таким образом, при израсходовании 155 заготовок (коэффициент запуска 1,55) вероятность выполнения задания будет составлять всего 0,1134, и в восьми случаях из девяти придется производить дозапуск, при этом, естественно, придется потратить еще какое-то количество заготовок.

Если произвести запуск согласно расчетам, представленным в таблице 2, то будет израсходована 181 заготовка, зато вероятность выполнения задания составит уже 0,849

### Задача 3

Нужно изготовить 100 наименований плат по одной плате каждого наименования. Выход годных — 65%. Следует определить необходимое для запуска количество заготовок ( $m$ ) и сроки изготовления.

При запуске по факту, так же как и в задачах 1 и 2, потребуется 154 заготовки, и задание будет выполнено за пять производственных циклов.

При запуске по расчету возможны варианты:

- Можно запускать по две платы, тогда вероятность изготовления одной номенклатуры (закрытие позиции) будет равна 0,8775,

Таблица 1. Расчет количества заготовок по общепринятой методике

Плата	Необходимое количество	Количество заготовок	Вероятность изготовления	Коэффициент запуска
p1	1	2	0,8775	2
p2	9	14	0,5005	1,56
p3	20	31	0,5078	1,55
p4	70	108	0,5081	1,54

и задание будет выполнено за три производственных цикла. При этом потребуется 228 заготовок.

- Можно запустить вначале по одной плате (сбить номенклатуру) и потом производить дозапуск по факту, запуская по две платы каждой номенклатуры. При этом потребуется три производственных цикла и 180 заготовок. Если дозапуск производить по четыре платы, то задание будет выполнено за два производственных цикла, однако потребуется уже 244 заготовки.
- Если поставить задачу — выполнить все номенклатуры «с ходу» (в один производственный цикл), то придется запустить по шесть плат. При этом вероятность выполнения номенклатуры будет составлять 0,9981618, а вероятность выполнения задания будет 0,83.

Результаты решения всех трех задач сведены в таблицу 3.

Из вышеизложенного со всей очевидностью следуют выводы:

- Коэффициент запуска на практике имеет широкий диапазон и, в значительной мере, определяется структурой заказа.
- Величина  $1/\sqrt{g}$  является минимумом для коэффициента запуска и может рассматриваться только как некий ориентир, к которому стремится значение этого коэффициента с увеличением количества плат.

Игнорирование случайного фактора привело к тому, что реальная потребность в ресурсах была выше нормативной. И хотя производственники любым способом старались завязать нормы, практически всегда, особенно в условиях многономенклатурного производства, существовала нехватка стеклотекстолита. Цеха вынуждены были запускать платы «одна в одну», связанные с этим задержки сроков изготовления и превышение фонда зарплаты воспринимались руководством не как объективные факторы, а как следствие безалаберности и расхлябанности. «Безобразия! Задание выдали три месяца назад, 96 номенклатур закрыл, а на две, видите ли, у него времени не хватило!

Таблица 2. Расчет количества заготовок с учетом срока изготовления

Плата	Необходимое количество	Количество заготовок	Вероятность изготовления	Коэффициент запуска
p1	1	3	0,9571	3
p2	9	19	0,9653	2,11
p3	20	38	0,9593	1,9
p4	70	121	0,9580	1,73

Таблица 3. Результаты расчета количества заготовок и длительности изготовления

Заказ	Запуск	Длительность изготовления	Количество заготовок	Вероятность выполнения заказа
100 плат одной номенклатуры	Разовый — 154 заготовки	1 технологический цикл	154	0,5
100 плат одной номенклатуры	Разовый — 166 заготовок	1 технологический цикл	166	0,9
100 номенклатур по одной плате	Последовательный, по мере выхода в брак	5 технологических циклов	154	1
100 номенклатур по одной плате	Разовый — 200 заготовок + 24 заготовки по результатам	2 технологических цикла	224	0,99
100 номенклатур по одной плате	Разовый — 300 заготовок	1 технологический цикл	300	0,96

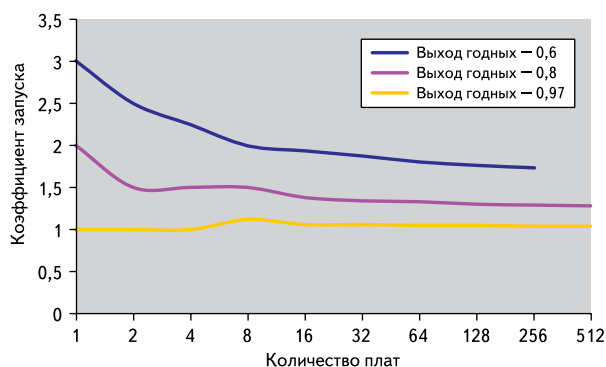


Рисунок. Зависимость коэффициента запуска от количества плат

Материал у него кончается! Езжай сам в главк, а я больше не поеду. Работать надо, а не хочешь — уходи», — говорило начальство. И подавал начальник цеха заявление о переводе на другую работу, и чаще всего приходил на его место молодец из планово-диспетчерских служб. Строгости и шустрости у него в избытке: возросло количество наказаний за нарушение трудовой и технологической дисциплины, меняются начальники участков и мастера. Довольно начальство: пошли дела. Однако вскорости обнаруживается, что брак не уменьшился, а вырос, и платы не стали делаться быстрее, и из монтажного цеха стали чаще приходиться жалобы на разрывы цепей и короткие замыкания.

Видимо, существует в производственных отношениях закон, по которому приходящий сотрудник менее соответствует должности, чем уходящий. Возможно, это связано с тем, что чем меньше кандидат на должность видит в ней скрытых проблем, с тем большим рвением стремится ее занять.

### Немного математики

Расчет необходимого количества заготовок и производственных циклов в задачах 1–3 были проведены по ниже приведенным формулам.

Ожидаемое количество производственных циклов  $C_{ikl}$  (итераций), необходимое для изготовления заданного количества плат  $n$ , можно определить по формуле:

$$C_{ikl} = 1 + n_{osn} n, \quad (1)$$

где  $osn$  — основание логарифма:  $osn = 1/(1-Vg)$ .

Вероятность изготовления не менее  $n$  плат может быть определена по формуле Бернулли:

$$R_{nm} = \sum_{l=n}^{m-n} P_{im}, \quad (2)$$

где  $P_{nm} = C_m^n \times P^n \times q^{m-n}$ . (3)

Здесь  $C_m^n$  — число сочетаний из  $n$  по  $m$ , рассчитанное по формуле:

$$C_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!},$$

$P$  — выход годных;  $q = 1-P$ .

На рисунке представлена зависимость коэффициента запуска от необходимого количества плат для разных величин выхода годных. Эти графики построены из расчета изготовления плат с вероятностью, близкой к 0,9. В общем случае, когда устанавливаемая вероятность выше выхода годных, с увеличением количества плат коэффициент запуска монотонно уменьшается, приближаясь к величине  $1/Vg$  (верхняя кривая). Эта монотонность при небольшом количестве плат нарушается из-за дискретности отсчета количества плат. Однако, если установленная вероятность ниже выхода годных (нижняя кривая), то в зависимости коэффициента запуска наблюдается явный максимум. Обращаем внимание читателя, что для наглядности по горизонтальной оси был принят логарифмический масштаб.

Расчеты по этим формулам производить довольно сложно и можно с уверенностью сказать, что на практике в таком виде их использовать невозможно. Создавать семейства кривых на все случаи жизни тоже задача неблагодарная, так как сложно будет получить достаточную точность вычислений, несмотря на их значительную трудоемкость. Поэтому нами были разработаны программы, позволяющие определить необходимое количество производственных циклов в зависимости от количества плат и выхода годных (cikly.exe) и необходимое количество заготовок для выполнения задания (k\_zap.exe).

Программу cikly.exe следует применять, когда производится запуск «один в один», то есть предполагается дозапуск: она выдаст необходимое количество заготовок и дозапусков.

Программу k\_zap.exe следует применять, когда стоит вопрос по срокам изготовления: она выдаст необходимое количество заготовок.

Программы просты в работе. Их можно скачать с сайта [www.niiplata.ru](http://www.niiplata.ru).

### О сроках изготовления

Существуют понятия «технологическое время изготовления» (технологический цикл), «производственное время изготовления» и «календарное».

Технологическое время — это суммарное время всех технологических операций, после которых технологическая заготовка превращается в плату.

Производственное время — это время, определяемое в ходе производственного процесса, в течение которого заготовка превращается в плату. Иными словами, производственное время — это технологическое время, увеличенное на время межоперационного хранения, простоев оборудования, перерывов в работе операторов и т. п. Разница между технологическим временем и производственным уменьшается с ростом уровня автоматизации.

Календарное время получается, если к производственному времени мы добавим время, когда производство не работает (ночь, праздники).

Теперь посмотрим, за счет чего можно сократить сроки изготовления платы. За счет технологического времени нельзя в принципе, как нельзя приготовить коньяк трехлетней выдержки за три месяца. Можно несколько сократить сроки за счет уменьшения времени пролеживания срочных плат между операциями. Однако это требует придать им приоритет перед основной массой изготавливаемых плат, то есть объявить в цехе аврал. Каждый рабочий как можно скорее старается избавиться от срочной платы и в индивидуальном порядке передает ее на следующую операцию. Там для нее могут снова запустить установку, из которой только что слили раствор, сдвигают время перерыва, вне очереди меняют инструмент и т. п. Когда срочных плат много, создается впечатление, что половина цеха их обрабатывает, половина ожидает своей очереди, а технические работники только и бегают по цеху, выискивая срочные платы в общем потоке. Производительность труда в этом случае падает, соответственно, реальная трудоемкость возрастает.

Если же высокоавтоматизированное производство работает в три смены и при этом обеспечивается выход годных, весьма близкий к единице, то изготовление срочных заказов будет обеспечиваться без дополнительных усилий и затрат. Просто подтверждается старое правило «Лучший способ работать быстро — это работать хорошо». Срочный заказ при этом приносит прямую выгоду, так как трудозатраты для срочных и не срочных плат одинаковы.

Иная ситуация складывается при низком выходе годных. Чтобы обеспечить изготовление срочных плат «с ходу», необходимо запустить в работу их большее количество. Трудозатраты в этом случае для срочной платы будут увеличиваться за счет аврала и возрастания коэффициента запуска.

### О трудоемкости изготовления

Раньше, в период плановой экономики, расчет трудоемкости и нормы изготовления печатных плат производили по типовому представителю. Выбиралась некая условная плата, наиболее типичная по своим конструктивным параметрам (количество слоев, наличие защитных покрытий, размеры). Затем проводился хронометраж основных операций, при этом цех замирал: все начинали двигаться, как в замедленной киносъемке, говорить медленно и вполголоса, ведь трудоемкость определя-

ла заработок. После проведения, так сказать, камеральной обработки в виде расчета суммарной трудоемкости, а главное, согласования результатов с руководством предприятия и представителем заказчика, ОТЗ обнаружил трудоемкость типового представителя.

Такой подход давал сугубо ориентировочные результаты и практически исключал возможность сравнивать трудоемкость изготовления плат на разных предприятиях, да такая задача и не ставилась. Ведь чтобы разместить заказ на изготовление печатных плат на предприятии, находящемся на расстоянии в 1000 м, но принадлежащем другому ведомству, должны были договориться два замминистра, а у них были свои меры трудоемкости.

Иное дело сейчас. Конкуренция на рынке предъявляет жесткие требования по стоимости и срокам изготовления плат и требует от изготовителя быстрой и точной реакции на его предложения. Поэтому необходим точный и нетрудоемкий метод определения прогнозной оценки трудовых и материальных затрат изготовления плат, с учетом их конструктивных особенностей и сроков изготовления.

В настоящее время расчет трудоемкости печатных плат, а также стоимости, производят исходя из трудоемкости изготовления дециметра платы. Дециметр всюду дециметр, и в Шанхае, и в Рязани, и по нему можно судить о технологическом уровне и организации производства изготовителя печатных плат.

Трудовые затраты на изготовление партии из  $n$  плат определяются по формуле:

$$Tr = tr_{уд} \times a \times b \times n \times \varphi(slk) \times \varphi(a) \times \varphi(b) \times \varphi(n) \times \varphi(sr) \times K_{zap} \quad (4)$$

где  $tr_{уд}$  — удельная трудоемкость, обычно трудоемкость изготовления платы площадью в 1 квадратный дециметр. Это основной параметр для расчета, он характеризует организационно-технический уровень производства.

$a, b$  — размеры платы в дециметрах.

$n$  — необходимое количество плат.

$\varphi(slk)$  — коэффициент, учитывающий сложность конструкции (количество токопроводящих слоев, слоев защитной маски и т. п.).

$\varphi(a), \varphi(b)$  — коэффициенты, применяемые для расчета плат малых размеров. (На практике трудовые затраты с уменьшением размера платы стремятся не к нулю, а к некоей величине, определяемой, в первую очередь, величиной технологической заготовки. Нами установлены коэффициенты от 1 до 3 при изменении размера платы от 50 до 10 мм.)

$\varphi(n)$  — коэффициент, применяемый при малом количестве плат. (На некоторых операциях производительность труда снижается из-за неполного использования возможностей оборудования. Например, на 4-шпиндельном станке в один прием можно сверлить 8 плат (пакет из 2), и при сверлении одной платы производительность рабочего на этой операции будет ниже почти в восемь раз. Установлены пределы изменения коэффициента от 1,8 до 1 при изменении количества плат от 1 до 8.)

$\varphi(sr)$  — коэффициент, применяемый для расчета трудоемкости срочных плат. (Срочная плата требует несколько больших затрат при своем изготовлении, так как часто ее перемещают индивидуально, а не вместе с другими, из-за нее производят внеочередную замену инструмента и т. п. Мы установили для срочной платы коэффициент, равный 1,1.)

$K_{zap}$  — коэффициент запуска, он определяется выходом годных, необходимым количеством плат и требуемой вероятностью их изготовления.

$K_{zap} \times n = m$  — необходимое количество заготовок.

Поэтому (4) можно переписать в виде:

$$Tr = tr_{уд} \times a \times b \times n \times m \times \varphi(slk) \times \varphi(a) \times \varphi(b) \times \varphi(sr). \quad (5)$$

Для расчета трудоемкости изготовления плат в соответствии с (5) можно использовать программу `trud.exe`, она выдает данные и по технологической подготовке производства. Следует помнить, что здесь мы должны оперировать с количеством заготовок, а не плат. Количество заготовок, как уже говорилось выше, можно определить с помощью программы `k_zap.exe`.

Программа `trud.exe` мало пригодна для серийной работы, ввиду своей низкой производительности, для этого имеется программа `tr.exe`.

Программа `tr.exe` позволяет из общего списка выбрать платы определенного заказчика (блока), подсчитать прогнозную трудоемкость их изготовления и трудоемкость технологической подготовки, сформировать текстовый документ в форме, принятой на предприятии, рассчитать расход основных материалов. При этом из расчета исключаются ранее изготовленные фотошаблоны и сетчатые трафареты. Применение этой программы дает хороший эффект: достаточно сказать, что расчет трудозатрат и материалов годового задания (около тысячи наименований плат и шильдиков) с ее помощью проводился в течение 2–3 дней. Мы не выставляем ее на сайте, так как она была разработана конкретно для ОАО «НПК НИИДАР», и для другого предприятия ее необходимо переделать.

К слову сказать, применение программ, разработанных пользователем или по его заданию, обеспечивает производству существенный эффект в виде повышения производительности труда, выхода годных, повышения творческой активности работников, роста их квалификации. Эффективность этого трудно переоценить.

### О выходе годных

Если при работе с заказчиком вы нарушаете сроки изготовления или передаете ему, в качестве навязанного бонуса, платы сверх согласованного количества, вам следует определить выход годных.

Определять выход годных следует для наиболее сложного класса плат, и учет целесообразно вести по ключевым операциям. Знание

пооперационного выхода годных позволяет более точно прогнозировать сроки изготовления, что дает возможность представить более объективную картину. Напомним, что выход годных всего процесса равен произведению выхода годных входящих в него операций.

По величине условно выход годных можно разделить на три категории:

- высокий выход годных — от 0,9 и выше;
- средний выход годных — от 0,7 до 0,9;
- низкий выход годных — от 0,5 до 0,7.

Чтобы успокоить читателя, скажем, что в электронной промышленности выход годных менее 0,5 считается неплохим.

Срочный заказ — это обычно одна, две или, что реже, три платы. Изготовитель должен обеспечить достаточно высокую вероятность их изготовления в кратчайшие сроки, то есть за один производственный цикл. Достаточно высокая вероятность — это компромисс между гарантией получения плат в срок и расходами на обеспечение этой гарантии, другими словами, рациональное соотношение между величиной  $tuv$  (требуемый уровень вероятности) и  $K_{zap}$ . Нам представляется, что величину  $tuv$  целесообразно принимать близкой к 0,9. Тогда в одном случае из десяти нам придется извиняться перед заказчиком за срыв срока, но коэффициент запуска не будет за пределами. Для читателя, который не имеет электронной версии данной статьи или программы `k_zap.exe`, далее мы приводим сугубо ориентировочные данные по запуску срочных плат (количества — 1–3) при установленной вероятности 0,9:

- При высоком выходе годных срочные платы целесообразно запускать «один в один» ( $K_{zap} = 1$ ).
- При среднем выходе годных количество запускаемых заготовок должно превышать необходимое количество плат на 1–2.
- При низком выходе годных количество запускаемых заготовок должно превышать количество необходимых плат от 2 до 5.

При низком выходе годных не приходится говорить о срочных платах, высоком качестве продукции, стабильности производства, о деловой, доброжелательной атмосфере в коллективе, да и вообще о благоприятном прогнозе развития предприятия.

Советы, как повысить выход годных, давать сложно, особенно на расстоянии. Тем не менее мы выскажем некоторые общие соображения:

- Все участники технологического процесса должны быть ориентированы на поиск основной причины брака и выделения ее причинно-следственной связи в технологическом процессе. Следует указывать конкретную причину. Например, лампа в установке экспонирования не выходит в рабочий режим, отклонение отверстий относительно оси  $X = 150$  мкм и т. п.
- Случайность — это непонятая закономерность, или другими словами — чудеса не бывает.
- Нет бесполезных семинаров, курсов повышения квалификации и т. п., если в них задействованы коллеги.

- Чем ниже выход годных, тем более вероятно, что здесь присутствует одна, преобладающая причина.

#### Заключение

Несмотря на наши советы, выход годных еще будет долго, если не всегда, оставаться далеким от желаемого. Поэтому имеется необ-

ходимость в интеллектуальной программе, которая в зависимости от выхода годных, структуры заказа и его срочности, с учетом технологического времени изготовления платы, даты заказа просчитала бы возможные варианты стратегии запуска, и выбрала оптимальный, рассчитав трудоемкость и материалоемкость заказа. Такая программа необходима всем изготовителям печатных плат, так как избавля-

ет изготовителя от ненужных расходов. Она не должна рассматриваться по принципу «знаю как, но не скажу», ведь всем будет лучше, если меньше будет израсходовано стеклотекстолита, разнообразных химических веществ, слитых растворов в канализацию и т. п.

Несмотря на свой фрагментарный характер программы `sikly.exe`, `k_zap.exe`, `trud.exe` могут использоваться на практике. ■