



Продолжение. Начало в № 3'2005.

Мысли о монтаже

Олег Пилипенко

madiitf@yahoo.com

Расчет себестоимости сборки электронного модуля

В первой части статьи уже упоминался тот факт, что реальная стоимость и рыночная цена сборки изделий на печатных платах ужасно далеки друг от друга. Согласно классической экономической теории, рынок данного вида услуги (сборка электронных модулей) будет насыщаться, и цена на услугу будет падать, пока на рынке не останется минимальное и достаточное количество предприятий, которые смогут выдержать жесткую конкуренцию, предоставляя услуги высшего качества с наименьшими издержками. Произойти это должно в течение ближайших 6–8 лет (если не случится резкого увеличения производства электронных изделий взамен импорта из Китая, Сингапура и т. п.). Реальная стоимость сборки электронного модуля вместе с расходными материалами в большинстве случаев не превышает 5% от окончательной цены. Главными, определяющими факторами окончательной цены являются стоимость комплектующих деталей, затраты на разработку и прибыль разработчика или владельца прав на это изделие (то есть стоимость ноу-хау). В свете вышесказанного довольно туманными и проблематичными видятся перспективы чисто контрактных предприятий по сборке электронных модулей.

Цена сборки электронного модуля в условиях рыночной конкуренции сверху ограничивается сложившейся на рынке ценой, а снизу — себестоимостью сборки при современном уровне технологии и организации производства на конкретном предприятии. Спрос и предложение находятся в динамическом равновесии (то есть на достаточно больших отрезках времени — 6 месяцев и более — практически равны друг другу). На коротких промежутках времени устойчивое увеличение спроса приводит к перегрузке существующих мощностей, повышению цены, что влечет за собой увеличение предложения (расширение мощностей на существующих предприятиях и появление новых предприятий) и, как следствие, снижение цены. В целом, имеется тенденция к снижению цены сборки электронных модулей за счет уменьшения прибыли сборочного предприятия и себестоимости его услуги. Цель заказчика — собрать изделие по цене, близкой к себестоимости, цель подрядчика — продать свою услугу по цене, близкой к рыночной.

Любой разработчик или владелец прав на изделие (заказчик) сам может подсчитать, сколько он переплачивает, отдавая сборку своего изделия в чужие руки (подрядчику). Для этого нужно уметь рассчитать себестоимость сборки изделия. Порядок действий следующий:

1. Описать технологический процесс (последовательность операций, квалификацию работников, расходные технологические материалы).
2. Пронормировать техпроцесс (установить нормы времени на каждую операцию).
3. Расценить единицу времени работы персонала и оборудования (обычно это минута).
4. Перемножить нормы времени на расценки (получаем себестоимость каждой операции).
5. Сложить полученные цифры и получить стоимость труда основных рабочих.
6. Посчитать амортизационные отчисления, общецеховые и общезаводские расходы, электроэнергию и т. д.
7. Посчитать прибыль и налоги.
8. Посчитать расходы на подготовку производства.
9. Сложить результаты расчетов по пунктам 5, 6, 7 и 8.

Нижеприведенный расчет не является каноническим с точки зрения бухгалтера или экономиста. Он упрощен для большей понятности. Тем не менее получаемые в результате соотношения наглядны и говорят сами за себя.

Рассчитаем себестоимость сборки типового электронного модуля и сравним с ценой, запрашиваемой за сборку этого изделия типичными представителями рынка. Обычно за основу расчета цены сборки принимается количество паек (расценки, взятые из реальных коммерческих предложений российских предприятий на конец 2004 года, приведены в таблице 1). Для высокотехнологичных, автоматизированных производств за основу принимается цена единицы времени работы цеха или участка (2–3 \$/мин). При расчете стоимости сборки партии электронных модулей при этом типе производства используется формула 1:

$$S = R \times (T + (N - 1) \times t) + P, \quad (1)$$

где: S — стоимость сборки партии; R — расценка (стоимость одной минуты работы цеха); T — общее время прохождения первого электронного модуля в партии всего технологического процесса; N — общее количество электронных модулей в партии; t — время такта выпуска электронных модулей, следующего за первым (фактически это есть время самой продолжительной операции в технологическом процессе); P — стоимость подготовки производства.

Цена сборки одного изделия:

$$C = S/N.$$

Величина слагаемого P в формуле (1) мало зависит от размера партии, она определяется типом производства, степенью и гибкостью его автоматизации. Чем выше производительность технологи-

ческой линии, тем выше стоимость подготовки производства.

За типовой электронный модуль возьмем одностороннюю плату, на которую необходимо установить 450 компонентов поверхностного монтажа (все чип-компоненты имеют по два вывода).

Изделие

- Односторонний поверхностный монтаж.
- Компоненты — 450 чип-компонентов с двумя выводами.
- Партия — 1000 штук.

Техпроцесс

Оборудование:

- Нанесение пасты — ручной трафаретный принтер.
- Сборочная машина — реальная производительность 3000 компонентов в час, электрическая мощность с компрессором — 2 кВт.
- Печь для пайки — конвейерная четырехзонная, электрическая мощность 9 кВт. Обслуживающий персонал:
- Оператор — 1 человек.

Нормирование основных операций техпроцесса:

1. Нанесение пасты: 1 мин (сюда включено время на контроль платы, контроль нанесения пасты).
2. Установка элементов: $450/3000 = 0,15$ часа, или 9 мин + 1 мин на смену заготовки (включая визуальный контроль установки элементов) = 10 мин.
3. Пайка: 8 мин (включая визуальный контроль пайки).

Экономические данные техпроцесса:

- Суммарная стоимость оборудования (принтера, автомата и печи оплавления) — \$70 тыс.
- Срок амортизации — 5 лет или 60 месяцев.
- Работа в две смены.
- Время прохождения всего техпроцесса первым изделием $T_1 = 1 + 10 + 8 = 19$ мин.
- Такт выпуска $t = 10$ мин.
- Часовая тарифная ставка оператора \$1,8.
- Стоимость подготовки производства $P = \$150$.
- Сменный фонд рабочего времени — 7 часов.
- Месячный фонд рабочего времени — 22 рабочих дня.
- Стоимость 1 кВт·ч — \$0,1.

Время сборки и пайки партии определяется по формуле 2:

$$T_N = T_1 + (N - 1) \times t, \quad (2)$$

где T_1 — общее время прохождения первого электронного модуля в партии всего технологического процесса; N — общее количество электронных модулей в партии; t — время такта выпуска электронного модуля, следующего за первым (время самой продолжительной операции в технологическом процессе).

Таким образом,

- $T_N = 19 + (1000 - 1) \times 10 = 10\,020$ мин,
- или $10\,020/60 = 167$ часов,
- или $167/7 = 24$ смены. Это составляет при двухсменной работе 12 рабочих дней или, в среднем, 16 календарных дней. Приблизительно 0,5 календарного месяца.

Зарплата основных рабочих $167 \times 1,8 = \$300$.

Таблица 1. Расценки на услуги по сборке электронных модулей некоторых российских предприятий*

| Виды работ/Расценки | Предприятие 1 | Предприятие 2 | Предприятие 3 | Предприятие 4 | Контрактная сборка (очень высокий уровень технологии) |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| Подготовка производства** | 35–100 | 130 | 60 | 100 | 1000 (первичная подготовка) 110 (при повторном запуске) |
| Выводной монтаж (пак) | 0–2000 | 20 за заказ | 0,03 | 20 за заказ | \$2,9/мин работы цеха |
| | 2001–5000 | 0,017 | 0,0245 | 0,0228 | |
| | 5001–10000 | 0,014 | 0,0213 | 0,017 | |
| | 10000–25000 | 0,009 | 0,0185 | 0,0171 | |
| | 25001–35000 | | 0,0161 | | |
| | 35001–50000 | | 0,014 | | |
| | 50001–100000 | | 0,0114 | | |
| >100000 | | | – | | |
| SMD-монтаж (пак) | 0–2000 | 20 за заказ | 0,02 | 20 за заказ | \$2,9/мин работы цеха |
| | 2001–5000 | 0,017 | 0,018 | 0,0171 | |
| | 5001–10000 | 0,014 | 0,015 | 0,00914 | |
| | 10001–25000 | 0,008 | 0,009 | | |
| | 25001–35000 | 0,006 | 0,007 | | |
| | 35001–50000 | 0,005 | 0,006 | | |
| | 50001–100000 | 0,004 | 0,005 | 0,00729 | |
| 100000–300000 | | 0,004 | 0,006 | | |
| >300000 | | | 0,005 | | |
| Коэффициент при двухстороннем монтаже | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | |

* — все расценки здесь и далее приведены в условных единицах, равных долларам США.

** — изготовление трафаретов, оснастки и приспособлений, программирование оборудования, перезарядка и смена питателей.

Амортизация оборудования (автомат и печь) рассчитаем по формуле:

$$A = \text{стоимость оборудования} \times T_N / \text{срок амортизации.}$$

Получаем:

$$A = 70\,000 \times 0,5/60 = \$583.$$

Затраты на ремонт и техобслуживание: \$80.

Затраты на электроэнергию автомат + печь:

$$2 \text{ кВт} + 9 \text{ кВт} = 11 \text{ кВт}, \\ 11 \text{ кВт} \times 167 \text{ часов} = 1837 \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \\ 1837 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times \$0,1 (\text{кВт}\cdot\text{ч})^{-1} = \$183,7.$$

Затраты на технологические материалы (в данном случае — паяльная паста): \$200.

Исходя из зарплаты основных рабочих, рассчитаем общую сумму налогов, прибыли, общецеховых и общезаводских расходов. Следует заметить, что поскольку мы производим электронный модуль для себя, прибыль на данной стадии производства нас не интересует (в отличие от субподрядчика). Конечную сумму по данной статье получают сложной калькуляцией, основой которой является зарплата основных рабочих. Я не буду наводить туман и усложнять расчеты. Конечный результат с достаточным приближением можно получить, умножив зарплату основных рабочих на коэффициент K , величина которого варьируется в зависимости от типа и организации производства от 2 до 7 (бывает конечно и больше, но это уже полное разгильдяйство). Чем меньше K , тем выше эффективность производства. Возьмем $K = 3$, так как при калькуляции цены электронного модуля учитываются стоимость электро-

энергии, технологических материалов, подготовки производства, амортизационные отчисления, затраты на ремонт и техобслуживание. Я же прибавляю эти затраты отдельно (для большей наглядности).

Итак:

- Зарплата основных рабочих с налогами и прочими расходами $300 \times 3 = \$900$.
- Стоимость подготовки производства \$150.
- Стоимость электроэнергии — \$184.
- Затраты на ремонт и техобслуживание основного оборудования — \$80.
- Амортизационные отчисления — \$600.
- Технологические материалы — \$200.
- Итого — \$2114.

Разделим на 1000 и получим цену: \$2,11 за штуку.

Теперь рассчитаем цену сборки у субподрядчиков (предприятия 1, 2, 3, 4 из табл. 1). Возьмем расценку из таблицы, самую низкую среди предприятий 1, 2, 3, 4 при нашем количестве паяк — \$0,004 за одну пайку. Примем стоимость подготовки производства равной \$100 (среднее округленное по предприятиям 1, 2, 3, 4).

Количество компонентов, подлежащих установке:

$$1000 \times 450 = 450\,000 \text{ компонентов.}$$

Ранее я упоминал, что мы имеем дело исключительно с чип-компонентами, каждый из которых имеет два вывода, то есть две точки пайки.

$$450\,000 \times 2 = 900\,000 \text{ паяк.}$$

Возьмем расценку из таблицы, самую низкую, \$0,004 за одну пайку при нашей серийности: $900\,000 \times 0,004 + 100 = \3700 за всю партию

электронных модулей, или $3700/1000 = \$3,7$ за 1 электронный модуль.

Рассчитаем цену сборки для чистого контрактного предприятия (данные крайнего правого столбца табл. 1). При этом следует учесть, что производительность такой линии определяется реальной производительностью сборочной машины, которую примем

равной 15 000 комп./час, то есть в 5 раз выше, чем на нашем условном производстве.

- Нанесение пасты — 0,25 мин.
- Установка элементов — 2 мин.
- Пайка — 6 мин.
- Время прохождения всего техпроцесса первым изделием $T_1 = 0,25 + 2 + 6 = 8,25$ мин.
- Такт выпуска $t = 2$ мин.

Таблица 2. Цена сборки модулей на разных производствах

| | Собственное производство | Субподрядчик 1 | Субподрядчик 2 |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Цена производства электронного модуля | 2,11 | 3,7 | 5,93–6,28 |

Подставляя данные в формулу 1, получим:
 $S = 2,9 \times (8,25 + (1000 - 1) \times 2) + 1000 =$
 $= 5818 + 1000 = \$6818$ за 1000 штук при первом запуске, или \$6,82 за 1 электронный модуль. При повторном запуске $5818 + 110 = 5928$ за 1000 штук, т. е. \$5,93 за 1 электронный модуль.

Представим полученные результаты в виде таблицы 2. Эти результаты говорят сами за себя.

Для проверки результатов расчетов, я рассылал чертеж одного и того же электронного модуля разным субподрядчикам. Соотношения цен за сборку очень близки к приведенным в таблице.

Следовательно, собирать электронный модуль сегодня гораздо выгоднее на собственном производстве. Как это делать просто, качественно и без головной боли — рассмотрим в следующей части статьи.