

Технико-экономическое обоснование приобретения сборочно-монтажного оборудования для создания участка поверхностного монтажа

С каждым днем в России появляется все больше и больше оборудования для производства печатных плат (ПП), сборки печатных узлов (ПУ), контроля, испытаний и т. д. При этом не утихают разговоры о необходимости приобретения данного оборудования для соответствующих задач. И вот выбор сделан. А вместе с ним возникает проблема... Как «донести» до руководства необходимость приобретения выбранного оборудования? А проще говоря, как составить технико-экономическое обоснование (ТЭО)?

Максим Шмаков

mhm-shmakov@yandex.ru

Надежда Кузнецова

Вместо введения

Как не крути, ТЭО является документом, поэтому выражение «Краткость — сестра таланта» подходит сюда как нельзя лучше. При этом необходимость приобретения того или иного оборудования надо доказать таким образом, чтобы руководитель понял, что если этого оборудования не будет, значит, «мир действительно может остановиться».

Также для любого начальника одним из важных вопросов (если не самым важным) является прибыль (или экономия), то есть материальная сторона проблемы. Следовательно, ТЭО примерно на 1/3 должно состоять из расчетов и экономических выкладок по срокам окупаемости (от 3 до 5 лет) и возможной прибыли после внедрения данного оборудования.

Составление ТЭО разберем на примере приобретения сборочно-монтажного оборудования для участка поверхностного монтажа. При этом в случае освоения технологии целиком целесообразно составление ТЭО на все планируемое оборудование, то есть в нашем случае не только самой «линейки», но и вспомогательных устройств.

В связи с высокой стоимостью выбранного набора оборудования с экономической точки зрения необходимо разделить процесс его приобретения на несколько лет (например 3–4 года).

Статью разобьем на две части: техническую и экономическую соответственно.

Техническая часть

В данной части необходимо подробно разобрать следующие моменты:

1. Причины приобретения.

2. Анализ причин приобретения.
3. Результаты приобретения оборудования.

Причины приобретения

- 1) Анализ требований Европейского Союза (ЕС) — директива RoHS (Restriction of Hazardous Substances).
- 2) Анализ применяемой элементной базы (ЭБ).
- 3) Анализ технических требований к монтажу применяемой ЭБ.
- 4) Анализ современной технологии сборки печатных узлов (ПУ) на базе предприятия (фирмы).
- 5) Анализ перспектив развития электронных блоков на предприятии в ближайшее время.

Анализ причин приобретения

- 1) Анализ требований ЕС — директива RoHS. Парламент ЕС принял закон о запрещении применения опасных для здоровья веществ — директиву RoHS, которая регламентирует, что с 1 июля 2006 года все электронные компоненты и оборудование, поставляемые на европейский рынок как внешними, так и внутренними производителями, не должны содержать в своем составе:
 - свинец (Pb),
 - ртуть (Hg),
 - кадмий (Cd),
 - хром шестивалентный (Cr VI),
 - полибромин буфенил (PBB),
 - полибромин дифенил эфир (PBDE).
- 2) Анализ применяемой ЭБ (табл. 1):
 - Уменьшение размеров компонентов (невозможность ручного монтажа).
 - Уменьшение шага выводов.
 - Увеличение количества выводов.
 - Уменьшение размера выводов.

Таблица 1. Анализ применяемой ЭБ

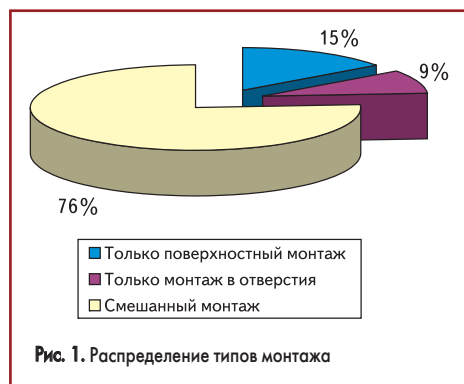
Параметр	Используемые	Планируемые
Шаг МС в корпусе BGA, мм	0,8	0,5
Шаг МС в корпусе QFP, мм	0,5	0,3
Типоразмер chip-компонента (размер chip-компонента)	0201 (0,5×0,25 мм)	01005 (0,4×0,2 мм)

Примечание: МС — микросхема.

– Увеличение процента использования ЭБ с выводами под корпусом.

Это приводит к увеличению потенциальных дефектов при ручной сборке и трудоемкости ремонта, снижению надежности и качества собираемых ПУ.

При этом смещение сборочно-монтажных технологий в сторону поверхностного монтажа не привело к полному отказу от технологии монтажа штыревых компонентов (компонентов, монтируемых в отверстия, КМО) — разъемов, трансформаторов, переключателей. Диаграмма распределения типов сборки показана на рис. 1 [1].



3) Анализ технических требований к монтажу применяемой ЭБ. Применение ЭБ с выводами, как содержащими свинец, так и не содержащими его (требования ЕС — см. п. 1). Требования к монтажу данной ЭБ изменились в сторону ужесточения технологических параметров на этапе сборки ПУ (табл. 2).

Таблица 2. Анализ требований к монтажу ЭБ

Параметр	Требования	
	до 01.07.06	с 01.07.08
Скорость нагрева, °С/с	1–3	0,8–1,2
Скорость охлаждения, °С/с	3–4	1–2
Температура пайки, °С (величина технологического «окна»)	215–240	230–240

4) Анализ современной технологии сборки ПУ на базе предприятия. Для примера можно проанализировать часто встречающуюся технологию сборки ПУ с применением микросхем в корпусе BGA, при этом сборку ПУ разделяют на два этапа:

- а) Монтаж микросхем в корпусе BGA:
 - нанесение паяльной пасты (устройство для трафаретной печати),
 - установка микросхем в корпусе BGA (ремонтный центр),
 - пайка оплавлением (камерная печь конвекционного оплавления),
 - контроль монтажа (оптическая система контроля качества пайки BGA типа Ersascope).

б) Монтаж остальных микросхем, пассивной ЭБ и разъемов (паяльник/паяльная станция).

Недостатки существующей технологии:

- влияние «человеческого фактора» на каждой операции технологического процесса сборки ПУ,
- контроль качества сборки ПУ не автоматизирован, что приводит к возможным пропускам дефектов по причине «человеческого фактора».

Примечание. Также здесь целесообразно упомянуть недостатки уже имеющегося оборудования.

Анализ существующей технологии сборки ПУ часто приводит к невозможности сборки некоторых вновь разрабатываемых ПУ. Результаты анализа для наглядности лучше свести в таблицу, например:

Наименование модуля	Сборка на базе предприятия

Следствием является привлечение сторонних организаций на этапе сборки изделий, что ведет к:

- зависимости от контрактного производителя;
- невозможности контроля качества;
- снижению секретности информации.

Если к этому прибавить НИОКР, что подразумевает собой малый объем собираемой продукции, то это добавляет следующие отрицательные моменты:

- данный заказ в большей степени будет выполнен вручную;
- сроки заказа могут быть перенесены в связи с заказом на более крупную партию.

5) Анализ перспектив развития электронных блоков до 2011 г.:

- увеличение количества поверхностно-монтируемых изделий (ПМИ) (лучшие условия для автоматизации),
- увеличение плотности монтажа (затруднен ручной монтаж),
- уменьшение размеров чип-компонентов (01005),

– применение ЭБ, выполненной для бессвинцовой технологии.

Результаты приобретения оборудования

Оснащение и запуск участка поверхностного монтажа обеспечит следующие возможности:

- 1) Монтаж всей применяемой ЭБ.
- 2) Выполнение технических требований, предъявляемых к монтажу ЭБ.
- 3) Повышение повторяемости сборочно-монтажных операций (уменьшение человеческого фактора).
- 4) Сохранение секретности изготавливаемой продукции (отказ от услуг сторонних организаций).
- 5) Создание задела для перспективного развития и последующей сборки электронных блоков.

При этом возникает возможность размещения сторонних заказов для дозагрузки линии и снижения срока окупаемости оборудования.

Экономическая часть (пример)

- Объем вложений: инвестиции в размере А (табл. 3).
- В том числе по годам:
 - 2007 г. — 20 000 000 руб.;
 - 2008 г. — 15 000 000 руб.;
 - 2009 г. — 10 000 000 руб.;
 - 2010 г. — 5 000 000 руб.

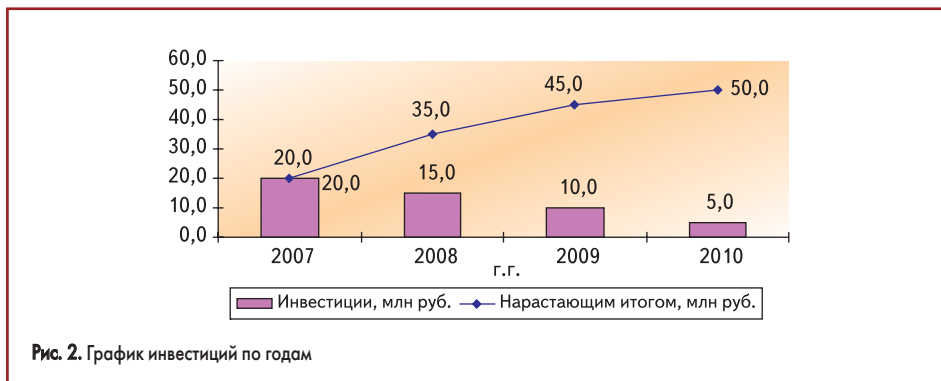
Примечание. В первую очередь целесообразно приобретать то оборудование, которое является наиболее важным, в данном случае это автомат трафаретной печати, автомат установки компонентов и печь конвекционного оплавления.

Обоснование инвестиций: оборудование — линейка сборочно-монтажного и контрольно-тестового оборудования для создания участка поверхностного монтажа (включая пуско-наладочные работы, обучение персонала и гарантийное обслуживание).

Пример диаграммы по инвестициям на основании данных таблицы 3 приведен на рис. 2.

Таблица 3. Инвестиции по годам

Показатель	Всего	2007	2008	2009	2010
Инвестиции, млн руб.	A (50)	A1 (20)	A2 (15)	A3 (10)	A4 (5)
Нарастающим итогом, млн руб.	–	A1 (20)	A1+A2 (35)	(A1+A2)+A3 (45)	(A1+A2+A3)+A4 (50)



Эффективность

Эффективность заключается в следующем (табл. 4):

- снижение трудоемкости на этапе сборки печатных узлов;
- исключение затрат на сборку сложных печатных узлов у сторонних организаций;
- появление возможности выполнения сторонних заказов;
- развитие собственного участка сборки модулей.

Таблица 4. Результаты расчета экономической эффективности

Показатель	Х	Руб.
Стоимость оборудования	Х	Руб.
Суммарный годовой экономический эффект (снижение трудоемкости)	Х	Руб./год
Окупаемость	Х	года

Расчетные данные по окупаемости инвестиций сведены в таблицах 5–6. К расчету окупаемости по годам приведена диаграмма, представленная на рис. 3.

Примечание. Эффект начинаем получать с момента ввода в эксплуатацию первоначального оборудования. Результат так же может быть достигнут за счет снижения брака и т. п.

Заклучение

В данной статье приведен подробный пример составления ТЭО для создания участка поверхностного монтажа, в котором учтены практически все моменты, касающиеся необходи-

Таблица 5. Сравнительный анализ по основным показателям (за счет снижения трудоемкости работ по сборке и монтажу ПУ)

№	Наименование показателя	Ед. изм.	Величина показателя «до»	Величина показателя «после»	Эффект	Примечание
1	Объем производства ПУ в год, из них:	шт.	Х	Х		Обоснование исходных данных
2	– сборка на предприятии		Х	Х		
3	– контрактная сборка у других организаций		Х	Х		
4	Трудоемкость по изготовлению 1 ПУ на предприятии, из них:	н/ч	Х	Х		Приложение. Расчет трудоемкости
5	– трудоемкость по изготовлению 1 ПУ, кроме сборки		Х	Х		
6	– трудоемкость по сборке		Х	Х		
7	Стоимость 1 н/ч	руб.	Х	Х		Согласно нормативам
8	Стоимость изготовления, [4]x[7]	руб.	Х	Х		В данном случае без учета материальных затрат (незначительны)
9	Стоимость услуг по сборке и монтажу у сторонней организации	руб.	Х	Х		
10	Стоимость ремонта, 10% стоимости оборудования	руб.	Х	Х		В качестве риска
11	Стоимость изготовления всего объема продукции ПУ, из них:	руб.	Х	Х	Х	
	– сборка на предприятии (2)*(8)+(3)*(5)*(7)		Х	Х		
	– контрактная сборка (3)*(9)		Х	Х		
	Окупаемость	лет	Х			

мости и целесообразности приобретения набора необходимого оборудования. Все расчеты проводились с помощью Microsoft Office Excel, что облегчает составление данного документа в связи с простотой этого приложения.

Данный метод составления ТЭО можно использовать для создания практически любого участка или производства в целом, что делает его более универсальным и в то же время про-

стым и, как следствие, понятным каждому сотруднику предприятия.

Литература

1. Медведев А. Обновление технологий в российской электронной промышленности // Технологии в электронной промышленности. 2005. № 2.

Таблица 6. Расчет окупаемости по годам (пример расчета за счет снижения трудоемкости работ по сборке и монтажу ПУ)

Показатель	Всего	2007	2008	2009	2010	2011
Инвестиции	-50 000	-20 000	-15 000	-10 000	-5 000	0
Ежегодная экономия	63 000	0	0	21 000	21 000	21 000
Денежный поток		-20 000	-15 000	11 000	16 000	21 000
Нарастающим итогом		-20 000	-35 000	-24 000	-8 000	13 000
Ставка дисконта	10%					
Коэффициент дисконтирования		1,000	0,909	0,826	0,751	0,683
Дисконтированный денежный поток		-20 000	-13 635	9086	12 016	14 343
Дисконтированный денежный поток нарастающим итогом		-20 000	-33 635	-24 549	-12 533	1810
Срок окупаемости		4,38 года				
Дисконтированный срок окупаемости		4,87 года				

