

Методика достижения запланированного качества и надежности. Предупреждающие действия¹

Станислав Гафт, lines@ostec-group.ru

Во второй части статьи автор подробно рассказывает о комплексе мероприятий, которые нужно провести, чтобы исключить поступление в производство дефектных комплектующих, а также предупредить возможные технологические дефекты, связанные со смещением выводов или неудовлетворительным припоем. Кроме того, здесь чётко обозначены требования к производственным помещениям и их оснащению, к персоналу, технологической документации и обслуживанию оборудования, без выполнения которых невозможно обеспечить повторяемость параметров технологического процесса и технических характеристик выпускаемых изделий.

Предупреждающие действия, а именно — борьбу с причинами, порождающими потенциальные дефекты, рассмотрим на конкретных примерах. Чтобы не допустить поступления в производство дефектных (несоответствующих по электрическим параметрам) компонентов, комплектующих и материалов (ККМ), необходимо произвести следующий набор действий:

- разработка, внедрение и поддержание в актуальном состоянии нормативных документов (например, СТП), регламентирующих применение ККМ (ограничительных перечней);

- организация постоянной работы по квалификации производителей и поставщиков ККМ для поддержания ограничительных перечней в актуальном состоянии;

- при приёмке конструкторской документации необходимо удостовериться в использовании только тех ККМ, которые включены в утвержденный ограничительный перечень;

- проведение входного контроля ККМ в соответствии с программами (методиками), разработанными в процессе квалификации;

- обеспечение маркировки носителей ККМ, успешно прошедших входной контроль, (катушек, пеналов, поддонов) для последующей их идентификации при комплектации и снаряжении питателей сборочных автоматов;

- организация системы прослеживаемости используемых ККМ, позволяющей:

- вести статистику отказов компонентов с точностью до носителя (поставщика, производителя), что позволит (в случае обнаружения систематических дефектов) вернуть все печатные узлы для замены дефектных компонентов;

- оценивать качество работы производителей и поставщиков и ограничивать (запрещать) закупку ККМ в случае систематического несоответствия их технической и нормативной документации и условиям контрактов (договоров);

- постоянный контроль всех выпускаемых печатных узлов с помощью автоматической системы электрического внутрисхемного контроля для проверки соответствия выпускаемой продукции требованиям конструкторской документации и отсутствия повреждения электронных компонентов в процессе монтажа и оплавления.

При проведении названных мероприятий резко снизится количество дефектов, связанных с несоответствующими компонентами, что позволит сократить трудоемкость и затраты на проведение ремонтов в процессе производства.

Для предупреждения технологических дефектов, связанных с неудовлетворительным объемом припоя в паяных соединениях требуется, как правило, выполнять следующий набор мероприятий:

- разработка, внедрение и проведение постоянной работы по поддержанию в актуальном состоянии базы данных компонентов («Стандарта предприятия») для обеспечения корректных размеров контактных площадок и апертур трафаретов;

- обязательное проведение технического контроля конструкторской документации (на новые и модифицируемые изделия) на соответствие размеров и форм контактных площадок установленным и утвержденным в СТП;

- проведение квалификации производителей трафаретов. В дальнейшем трафареты должны заказываться только у производителей, прошедших квалификацию;

- обязательное проведение входного контроля новых трафаретов, полученных от производителя в соответствии с утвержденной инструкцией по установленным критериям: размеры апертур, толщина, чистота обработки граней апертур (отсутствие зубцов);

- обязательное проведение контроля качества отмывки трафарета после использования и при подготовке к работе;

- обеспечение контроля соблюдения утвержденной технологической инструкции по хранению и подготовке паяльной пасты к работе;

- обеспечение инспекции качества финишного покрытия печатных плат на этапе входного контроля (состав, толщина, равномерность, шероховатость, паяемость);

¹ Продолжение, начало в журнале «Производство электроники» № 4, 2011

– обеспечение контроля чистоты поверхности (и/или организация очистки от пыли) печатных плат перед загрузкой в устройство трафаретной печати (принтер);

– проведение сплошного контроля соответствия объема паяльной пасты расчетным значениям (произведение площади апертуры на толщину трафарета) и требованиям соответствующих стандартов с помощью системы автоматической оптической инспекции (АОИ);

– при появлении систематических дефектов необходимо остановить процесс до устранения причин несоответствий;

– для ускорения реакции при появлении потенциальных дефектов необходимо организовать петлю локальной обратной связи (см. рис. 1). При диагностике систематических дефектов системой АОИ необходимо в автоматическом режиме обеспечить корректировку параметров технологической операции нанесения паяльной пасты (скорость перемещения и усилие прижима ракеля).

Необходимо учесть, что дефекты, связанные со смещением выводов компонентов относительно контактных площадок, обычно не влияют на работоспособность приборов, но при этом возрастает вероятность отказов в процессе приёмо-сдаточных испытаний или у потребителя. В первом случае резко возрастает трудоёмкость проведения ремонтов, связанная с увеличением времени на диагностику и локализацию дефектов (особенно при использовании влагозащитных покрытий). Во втором случае затраты на проведение ремонта у потребителя подрывают его репутацию и вообще могут сделать производство убыточным из-за дополнительных непредвиденных затрат (например, на командировочные расходы).

Переход к стратегии предупреждения дефектов, связанных со смещением выводов компонентов относительно контактных площадок (в соответствии с требованиями стандартов), предусматривает комплекс мероприятий, снижающих вероятность их возникновения:

- выполнение процедур, связанных с запуском оборудования;
- обеспечение высокого качества проведения технического обслуживания технологического оборудования.

Например, техническое обслуживание сборочного автомата должно проводиться квалифицированным техническим персоналом, прошедшим обучение на фирме-изготовителе оборудования и имеющим соответствующие документы;

– проведение регулярной калибровки технологического оборудования (сборочного автомата) с обязательной отметкой результатов в формуляре;

– регулярный контроль точности монтажа компонентов до и/или после оплавления (на выполнение требований соответствующих стандартов) методом АОИ;

– обеспечение остановки процесса сборки при появлении систематических дефектов до устранения причин несоответствий.

Переход к стратегии предупреждения дефектов, связанных с установкой несоответствующих компонентов, тоже должен предусматривать комплекс мероприятий, снижающих вероятность их возникновения:

– обеспечение разработки, внедрения и постоянной работы по поддержанию в актуальном состоянии ограничительного перечня компонентов («Стандарта предприятия») для гарантии использования только разрешённых к применению компонентов и поставляемых сертифицированными поставщиками;

– проведение постоянной работы по квалификации компонентов, их производителей и поставщиков;

– проведение входного контроля компонентов, комплектующих и материалов в соответствии с программа-

ми (методиками), разработанными в процессе квалификации;

– внедрение операции маркирования компонентов (печатных плат, катушек, пеналов и поддонов) для последующей их идентификации при хранении, учёте и комплектации заказов;

– внедрение системы прослеживаемости устанавливаемых компонентов на базе современных сборочных автоматов с интеллектуальными питателями для исключения ошибок оператора;

– обязательная проверка соответствия устанавливаемых компонентов конструкторской документации с помощью системы автоматического внутрисхемного контроля;

– при появлении систематических дефектов процесс сборки должен быть остановлен до устранения причин несоответствий.

Достигнув запланированного уровня качества, необходимо поддерживать параметры технологического процесса для его сохранения. Постоянство параметров технологического процесса — необходимое условие повторяемости технических характеристик выпускаемых изделий. Чтобы обеспечить повторяемость параметров технологического процесса, необходимо выполнить ряд требований.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИИ

Типовой технологический процесс должен обеспечивать изготовление всей номенклатуры изделий, входящих в план производства, и перспективных, находящихся в разработке. Принятая (разрабатываемая) страте-



Рис. 1. Применение локальных петель обратной связи позволяет сократить время реакции и минимизировать количество технологических дефектов, связанных с неудовлетворительным количеством припоя в паяных соединениях

гия контроля должна обеспечивать запланированный уровень качества и надёжности выпускаемой продукции.

Повторяемость технических характеристик выпускаемой продукции должна быть обеспечена, в том числе, за счёт повторяемости параметров технологических процессов.

Технологическая документация (типовой технологический процесс, технологические инструкции, документация на рабочие места, маршрутные карты) должна содержать подробные описания:

- режимов технологических операций;
- применяемой оснастки;
- используемых материалов;
- детальное описание технологических операций;
- методы и критерии оценки соответствия.

Все эти документы постоянно должны поддерживаться в актуальном состоянии. Строгая технологическая

дисциплина должна обеспечиваться за счёт первоклассного оснащения, современной организации производства и квалифицированного персонала (см. рис. 2).

Базовые требования к помещению (в соответствии с требованиями международного стандарта IPC J-STD-001D и требованиями производителей оборудования):

- температура окружающей среды: 20–30°C*;
- влажность воздуха: 30–70%*;
- давление: 800–1100 мБар;
- класс чистоты: 9 (рекомендуемый);
- не рекомендуется попадание прямого солнечного света на оборудование;
- освещение рабочих мест: не менее 1000 лм/м². Источники света следует выбирать таким образом, чтобы предотвратить образование тени.

* (Исходя из практического опыта, рекомендуемыми параметрами являются:

- температура: 20...24°C;
- влажность: 40–60%).

Классы чистоты по взвешенным в воздухе частицам для чистых помещений и чистых зон по ГОСТ 14644-1-2002 приведены в таблице 1.

Подготовка помещений должна быть выполнена по проекту в соответствии с:

- рекомендациями изготовителей оборудования;
- требованиями конструкторской документации на выпускаемую продукцию;
- требованиями технологической документации.

Помещения должны иметь общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию, систему климат-контроля и специальную технологическую локальную вытяжку (где необходимо).

Концентрация пыли и аэрозольных загрязнений в воздухе должна соответствовать средней промышленной концентрации 100 тыс. согласно ГОСТ Р50766-95. Объем производственного помещения должен составлять не менее 15 м³ на одного сотрудника. Площадь производственного помещения должна быть не менее 4,5 м² на одного сотрудника.

При проектировании производственных помещений следует руководствоваться нормативными документами, содержащими требования по санитарным нормам, чистоте воздуха, безопасности труда, защиты от статического электричества и др. (см. рис. 3).

Ниже приведен перечень основных нормативных документов:



а)

б)

Рис. 2. Поддержание строгой технологической дисциплины за счет квалифицированного персонала (а), первоклассного оснащения (б) является основой, гарантирующей высокое качество и надёжность выпускаемой продукции при оптимальных затратах

Таблица 1. Классы чистоты по взвешенным в воздухе частицам для чистых помещений и чистых зон по ГОСТ 14644-1-2002

Класс ИСО (Классификационное число N)	Пределы максимальных концентраций (частицы/м ³ воздуха) частиц с размером, равным и большим приведенного ниже, мкм					
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0
Класс 1 ИСО	10	2				
Класс 2 ИСО	100	24	10	4		
Класс 3 ИСО	1 000	237	102	35	8	
Класс 4 ИСО	10 000	2 370	1 020	352	83	
Класс 5 ИСО	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
Класс 6 ИСО	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Класс 7 ИСО				352 000	83 200	2 930
Класс 8 ИСО				3 520 000	832 000	29 300
Класс 9 ИСО				35 200 000	8 320 000	293 000

Примечание. Из-за неопределенности, связанной с процессом измерения, при классификации следует использовать данные по концентрации, имеющие не более трех значащих цифр.

– ОСТ 92-8605-2000 «Помещения производственные для изготовления микроэлектронных изделий и печатных плат. Общие требования»;

– СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий»;

– ГОСТ Р 12.4.026-2001 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний»;

– ГОСТ 12.1.002-99 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах»;

– ГОСТ 12.1.006-99 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;

– ГОСТ 12.1.045-2001 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;

– ОСТ 11.073.062-2001 «Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Требования и методы защиты от статического электричества в условиях производства и применения»;

– ОСТ 92-1615-74 «Полупроводниковые приборы и микросхемы. Меры защиты от статического электричества»;

– СНиП 2.03.13-88 «Полы»;

– СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия».

ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛУ

Для поддержания надлежащей квалификации персонала необходимо проводить обучение в соответствии с разработанным и утверждённым планом (см. рис. 4). Все записи по курсам обучения должны постоянно актуализироваться и предоставляться по требованию аудиторов.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Для выполнения заказов и вывода новых изделий на рынок в сжатые сроки необходимо обеспечить макси-



Рис. 3. Производственное помещение (а) до, (б) — после ремонта



Рис. 4. Разные формы (а, б) обучения персонала в соответствии с разработанным и утверждённым планом — необходимое условие повторяемости параметров технологического процесса и технических характеристик выпускаемой продукции

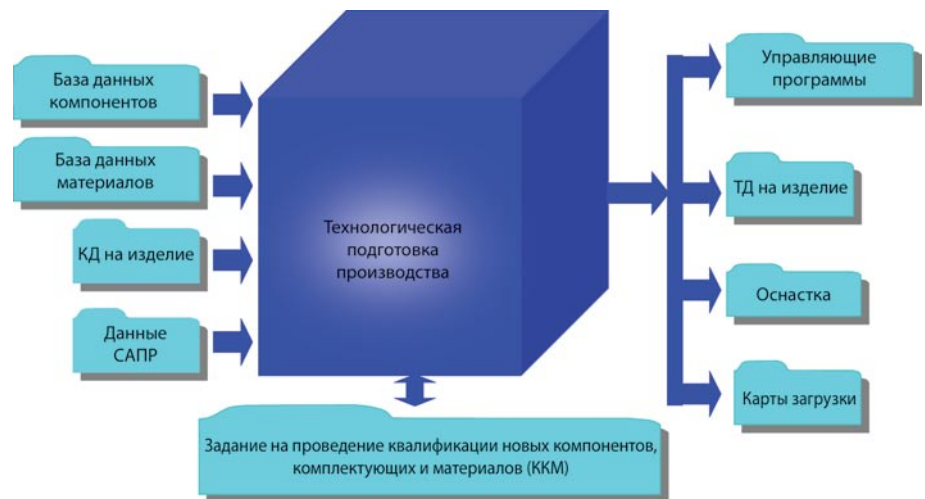


Рис. 5. Максимальная автоматизация технологической подготовки производства — обязательное условие успешной работы предприятия в условиях многономенклатурного производства

мальную автоматизацию технологической подготовки производства:

– чёткое выполнение планов производства;

– выполнение графиков технологической подготовки производства и запуска в производство новых изделий;

– строгая технологическая дисциплина, обеспечивающая точное вы-

полнение установленной технологии изготовления изделий.

Чтобы в сжатые сроки выполнять заказы и выводить новые изделия на рынок, необходимо обеспечить максимальную автоматизацию технологической подготовки производства (см. рис. 5).

Организация закупок компонентов должна обеспечивать ритмичную

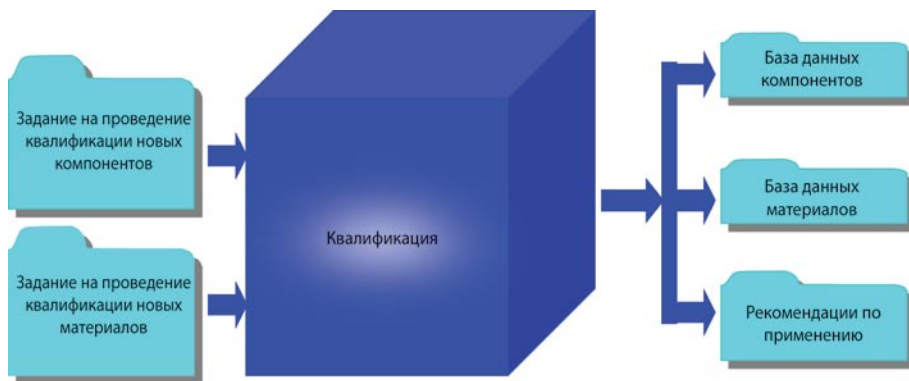


Рис. 6. Блок-схема модуля квалификации

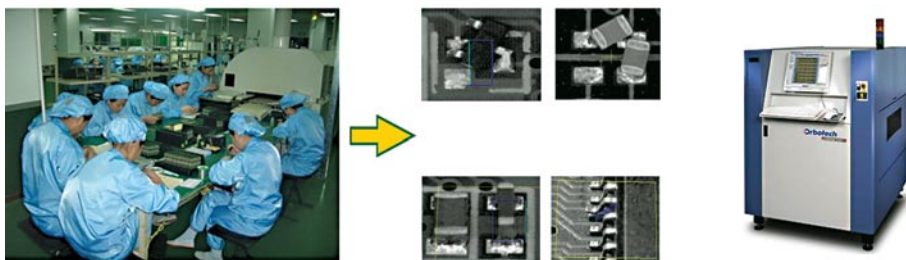


Рис. 7. Применение современных систем АОИ обеспечивает надёжный контроль соответствия выпускаемой продукции требованиям национальных и международных стандартов

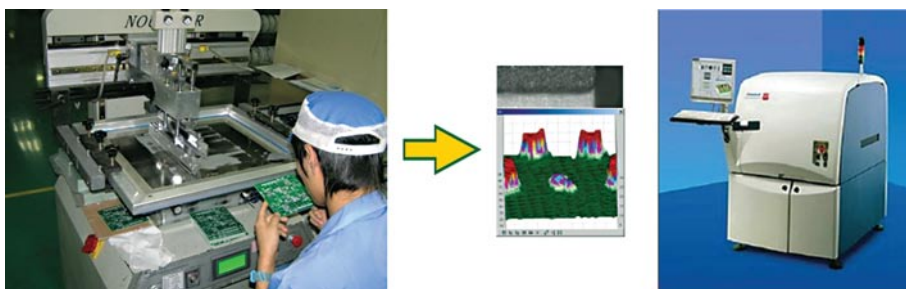


Рис. 8. Применение современных систем АОИ качества нанесения паяльной пасты обеспечивает надёжность выпускаемой продукции и снижает затраты на ремонт в процессе производства и в гарантийный период

работу, исключая авралы и пропуск компонентов, полуфабрикатов по «укороченному» циклу. Контракты на поставку комплектующих, компонентов и материалов должны заключаться только с поставщиками, прошедшими квалификацию на компоненты, разрешённые к применению (см. рис. 6).



Рис. 9. Входной контроль печатных плат повышает качество и надёжность выпускаемой продукции и снижает риск

Предприятие должно иметь реально действующую систему менеджмента качества ISO 9001:2008 на разработку и производство продукции. Обязательным является также периодический контроль качества, осуществляемый заказчиком, и выполнение намеченных мер, предупреждающих возникновение и повторение обнаруженных несоответствий. Эти работы должны быть учтены в плане непрерывных улучшений.

Предприятие обязано представлять отчёт по испытаниям изделий, демонстрирующим их соответствие требованиям конструкторской документации (либо специфическим требованиям заказчика). Предприятие обязано предоставлять план контроля качества и управления технологиче-

ским процессом, подтверждающий соответствие запланированных характеристик изделия и параметров технологического процесса параметрам, указанным в спецификации.

ТРЕБОВАНИЯ К ОСНАЩЕНИЮ

Производство должно быть оснащено современными инспекционными и контрольными автоматическими средствами диагностики и локализации дефектов, исключая влияние человеческого фактора (см. рис. 7). Принятая на предприятии программа постоянного улучшения качества выпускаемой продукции должна предусматривать постепенный и последовательный переход от технологии диагностики и локализации технологических дефектов к стратегии их предупреждения (см. рис. 8). Для снижения затрат на ремонт, связанный с дефектами печатных плат, необходимо проводить их входной контроль (см. рис. 9).

Применение систем автоматического электрического контроля с летающими щупами (см. рис. 10) обеспечивает объективный контроль всех установленных на плату компонентов (непрерывный контроль соответствия выпускаемой продукции конструкторской документации (КД) на изделие), быструю переналадку при переходе на другой тип продукции и короткие сроки технологической подготовки производства. Всё применяемое оборудование должно обеспечивать возможность работы с современными миниатюрными хрупкими компонентами и керамическими платами (см. рис. 11).

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ

Технологическое оборудование должно постоянно поддерживаться в работоспособном состоянии. Регламентные работы должны проводиться только квалифицированным персоналом, прошедшим обучение на фирме-изготовителе оборудования, или имеющим полномочия ее представителя и допущенным к проведению работ (см. рис. 12).

При проведении технического обслуживания должны использоваться только рекомендованные фирмой-изготовителем инструменты и материалы. Записи о проведении технического обслуживания регулярно заносятся в соответствующий журнал (формуляр).

Усилия производителя в борьбе за качество и надёжность выпускаемой продукции, безусловно, будут вознаграждены:

– рыночная цена высококачественной и надёжной продукции будет более высокой;

– более выгодное (по сравнению с ценами конкурентов) соотношение цена-качество выпускаемой продукции позволит завоевать новые сегменты рынка и увеличить объём продаж;

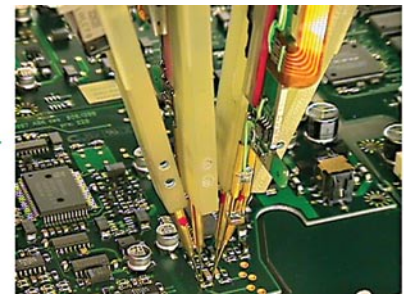
– увеличение объёма выпускаемой продукции позволит снизить затраты на комплектующие, компоненты и материалы;

– получение дополнительной прибыли от роста объёмов продаж и стоимости высококачественной продукции позволят увеличить инвестиции в дальнейшую автоматизацию технологических процессов, что, в свою очередь, позволит снизить трудоёмкость и себестоимость выпускаемой продукции;

– улучшение репутации компании-производителя высококачественного оборудования будет способствовать повышению стоимости торговой марки.



а)



б)

Рис. 10. Применение современных систем электрического внутрисхемного контроля (а) с летающими щупами (б) — средство объективного контроля печатных узлов и их соответствия КД

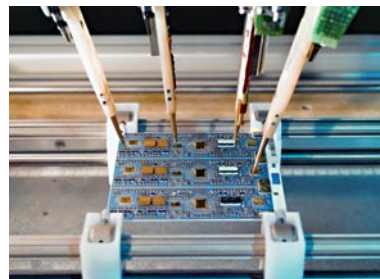


Рис. 11. Первоклассные системы электрического внутрисхемного и функционального контроля SPEA 4060 обеспечивают нормированное усилие контактирования и позволяют работать с платами на керамических основаниях, микросборками и полупроводниковыми пластинами



Рис. 12. Плановое проведение регламентных работ квалифицированным персоналом — необходимое условие для обеспечения повторяемости параметров технологического процесса и технических характеристик выпускаемой продукции

www.jtag-technologies.ru

Широчайший выбор средств периферийного сканирования

- Трансляция схем из любых систем проектирования
- Автоматическая генерация большинства видов тестов
- Точная диагностика дефектов и их визуализация на печатной плате
- Единые программно-аппаратные комплексы для тестирования и программирования

от мирового лидера в области тестирования и программирования собранных печатных плат

С 1993 года JTAG Technologies занимается созданием программно-аппаратных комплексов для тестирования и программирования собранных печатных плат. Сегодня инструменты JTAG Technologies позволяют генерировать большинство тестов и приложений полностью автоматически. В то же время средства ручного создания алгоритмов и тестовых воздействий дают непревзойденную гибкость и неограниченные возможности.

Представительство JTAG Technologies в России
 Телефон: (812) 313-9159
 Факс: (812) 313-9100
 E-mail: russia@jtag.com

Эксклюзивный дистрибьютор: ЗАО «Предприятие Остек»
 Телефон: (495) 788-4444
 Факс: (495) 788-4442
 E-mail: info@ostec-group.ru