

# Комплексный подход к услугам испытаний РЭА и ЭКБ

Визит в испытательный центр АО «ТЕСТПРИБОР»

Ю. Ковалевский



Сферу деятельности компании «ТЕСТПРИБОР», отметившей в прошлом году свое 10-летие, описать одним словом достаточно сложно: эта компания является и квалифицированным поставщиком электронной компонентной базы (ЭКБ), и разработчиком контрольно-измерительного и испытательного оборудования, и производителем корпусов для изделий микроэлектроники, и испытательной лабораторией. Но все эти направления объединяет то, что они связаны с обеспечением надежности электронной аппаратуры.

Мы посетили две лаборатории компании, в одной из которых проводятся испытания радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) на соответствие требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС), а в другой – испытания ЭКБ. Но перед тем, как специалисты АО «ТЕСТПРИБОР» провели для нас экскурсию по лабораториям, начальник отдела маркетинга и продаж Наталья Сергеевна Денисова рассказала нам о деятельности компании, некоторых ее подходах к работе, отличиях от конкурентов и о том, почему «ТЕСТПРИБОР» пошел по пути создания собственного оборудования.

### Наталья Сергеевна, какие испытания проводятся в лабораториях, которые мы сегодня увидим?

В этом здании расположены лаборатории, в которых проводятся сертификационные, периодические и отбраковочные испытания ЭКБ, а также различные испытания РЭА, включая испытания на механические, климатические воздействия, ЭМС и ряд других.

У нашей компании практически с самого начала было несколько областей деятельности. Самой первой из них была поставка измерительного и испытательного оборудования. Со временем эта область получила развитие в направлении разработки специализированных испытательных комплексов, а также создания собственного оборудования и проведения испытаний аппаратуры заказчиков в качестве испытательного центра.

Кроме того, компания поставляет электронные компоненты, при этом выполняя не только обычные дистрибьюторские функции, но и задачи центра сертификационных испытаний ЭКБ. АО «ТЕСТПРИБОР» обладает статусом квалифицированного поставщика и аккредитована в двух системах добровольной сертификации (СДС): «Электронсерт» и «Военный Регистр».

Еще одно важное направление деятельности нашей компании – разработка и производство металлокерамических и металлостеклянных корпусов для изделий микроэлектроники. Это направление у нас активно развивается. На данный момент в компании работает достаточно большой конструкторский отдел, занимающийся новыми разработками в этой области. Недавно мы открыли новую производственную площадку в Великом Новгороде, где изготавливаем не только корпуса, но и различные изделия из алюмооксидной керамики.

### Измерительное оборудование, которые вы поставляете, – это приборы производственного или лабораторного применения?

Мы поставляем различное контрольно-измерительное и испытательное оборудование, которое применяется как в производстве, так и в лабораториях. Также на базе этого оборудования мы разрабатываем комплексы. Например, заказчику требуется комплекс для имитации бортовой электросети с целью испытания авиационной аппаратуры. В нашей программе поставок есть ряд источников питания и измерительных приборов, из которых мы выбираем наиболее подходящие для данной конкретной задачи и на их основе создаем требуемый комплекс.

И при этом, что очень важно, мы разрабатываем всю необходимую документацию, проводим обучение специалистов заказчика, а также выполняем аттестацию данного комплекса, если это требуется.

То, что мы можем сами проводить аттестацию испытательного оборудования, – одно из наших отличий от многих компаний. У нас есть собственный отдел

метрологии и соответствующая аккредитация, поэтому заказчику не нужно искать, где аттестовать предоставленный нами комплекс. Он получает готовое к работе решение под ключ.

Требования к поставляемой аппаратуре у заказчиков разные, и хотя общие принципы построения испытательных комплексов определенного назначения сохраняются, практически каждый заказ требует глубокой проработки состава и структуры конкретной установки.

Одна из последних разработок – измерительная система для испытаний суперконденсаторов. Она осуществляет автоматическое управление процессами измерения, анализом данных и отчетностью.

Кроме того, мы активно применяем в этих решениях оборудование собственной разработки.

### Когда ваша компания начала разработку собственного измерительного и испытательного оборудования?

Первый прибор, который был нами разработан – это характериограф Л2-90, аналог выпускавшегося советской промышленностью прибора Л2-56.

Характериограф Л2-56 хорошо зарекомендовал себя в промышленности. Однако после снятия его с производства в начале 1990-х годов на смену ему ничего не пришло. В 2014 году мы решили его доработать, обновить, и выпустили на рынок прибор Л2-90. Сейчас у нас уже есть более современная модель – Л2-100 ТЕКО, которую мы разработали примерно 2,5 года назад.

Это достаточно простой и недорогой прибор. Он сейчас пользуется большой популярностью. Многие заводы, в частности специализирующиеся на производстве полупроводниковых приборов, его успешно используют. Часто сначала у нас приобретают один прибор «на пробу», а затем докупают 10–15 шт., чтобы полностью оснастить свое предприятие, заменить устаревшее оборудование.

А затем мы стали разрабатывать и изготавливать и другое оборудование, в частности безэховые камеры для испытаний на ЭМС, которые полностью построены на российских комплектующих, начиная от деталей корпуса и заканчивая различными вентиляционными решетками,



Наталья Денисова

фильтрами и т.п. Кстати, мы разработали особую конструкцию двери камеры, которая по некоторым параметрам превосходит зарубежные аналоги.

### **Когда принималось решение развивать разработку собственного оборудования, это делалось больше ради идеи или в этом виделись хорошие коммерческие перспективы?**

Наверное, больше ради идеи. Ведь совершенно понятно, что мы не должны полностью зависеть от Европы, Америки или Китая. В стране должны создаваться собственные решения. И дальнейшее развитие событий это подтвердило. В особенности, если речь идет о серийных изделиях, заказчику очень важно быть уверенным, что он получит необходимую продукцию вне зависимости от политической обстановки. Это большое преимущество отечественного оборудования.

Здесь проявилась дальновидность нашего руководства, как и в отношении производства корпусов для изделий микроэлектроники, которое начиналось в инициативном порядке: был проанализирован рынок, выбраны направления разработок, которые, как предполагалось, окажутся наиболее востребованными, и после этого были разработаны корпуса, которые в настоящее время наша компания поставляет в достаточно больших количествах на ряд производств.

Вероятно, то, что наше руководство всегда стремится работать на перспективу, и определяет наше успешное развитие. Ведь когда компания создавалась, ее штат составлял около 20 человек, а сейчас у нас более 150 сотрудников – это о многом говорит.

### **Значит, можно сказать, что производить собственное оборудование выгодно?**

«Выгодно» – не совсем удачное слово: определенная деятельность может приносить более быструю и высокую прибыль. Но точно можно сказать, что это рентабельно: мы всё-таки коммерческая компания, и если бы эта деятельность была совсем не интересной с коммерческой точки зрения, приносила бы убытки, мы не стали бы ее развивать.

Кроме того, создание отечественного оборудования открывает возможности для российских компаний в приобретении качественных установок по разумным ценам. Например, у нас сейчас завершается разработка нового изделия – установки для испытаний на воздействие акустического шума. Подобная камера от немецкой компании, очень близкая по характеристикам, почти в три раза дороже.

### **Вы сказали, что ваша лаборатория позволяет выполнять целый ряд различных испытаний. Насколько этот список полный с точки зрения потребностей ваших**

### **заказчиков? Можете ли вы выступать в роли «одного окна» в области испытаний РЭА?**

Это зависит от задач конкретного заказчика, но в любом случае мы стремимся к тому, чтобы предоставлять комплексные услуги, и постоянно расширяем спектр проводимых нами испытаний, приобретаем и разрабатываем новое оборудование.

Помимо уже упомянутых испытаний на воздействие акустического шума, у нас сейчас на подходе испытания по грибоустойчивости. До конца года мы планируем для этого оснастить рабочее место, уже заказано оборудование, подобран персонал. В наших планах и другие испытания: на воздействие солнечной радиации, дождя.

Конечно, есть испытания, проведение которых на собственной площадке нецелесообразно или практически невозможно. Ведь испытания бывают очень разные, некоторые из них почти уникальные, и в определенных случаях приобретать оборудование для их проведения просто не выгодно. Отдельные установки могут стоить несколько десятков миллионов рублей, и если заказы на такие испытания приходят лишь несколько раз в год, а рыночная стоимость их проведения составляет, например, 200–300 тыс. руб., это оборудование может не окупиться в разумные сроки.

Если рассмотреть, например, испытания на радиационную стойкость, то для них применяется опасное оборудование, требующее особого обращения и специальных знаний. В этой области работают специализированные институты, и мы с ними сотрудничаем, что и позволяет нашим заказчикам получать и наши, и их услуги, обращаясь только к нам. Также мы взаимодействуем с организациями, работающими в области информационной безопасности, поскольку для этих работ требуются соответствующие лицензии, и таких организаций достаточно мало.

Такая кооперация в сочетании с постоянным расширением наших возможностей во многих случаях действительно позволяет нашим заказчикам получать от нас услуги в режиме «одного окна».

Но у оснащения новым оборудованием есть и другая цель. Дело в том, что требования к испытаниям становятся всё жестче, они должны отвечать международным стандартам. А значит наше оснащение должно соответствовать мировому уровню.

### **В области испытаний ЭКБ ваша компания также придерживается идеологии комплексных услуг?**

Да, и это тоже отличает нас от многих компаний, занимающихся поставкой электронных компонентов. Сейчас таких компаний очень много, конкуренция высокая, цены на ЭКБ открыты, поэтому просто добавить к стоимости компонентов некий достаточно высокий процент невозможно – никто по такой цене у вас ничего не купит.

Поэтому мы стараемся зарабатывать не на самой поставке, а на услугах, в том числе на сертификационных испытаниях. Обычно эти испытания проводятся для импортных изделий. Но мы уже достаточно давно выполняем также дополнительные испытания отечественной ЭКБ в отношении специальных требований заказчиков из таких областей, как, например, космическая аппаратура. И здесь мы также постоянно расширяем наши возможности, приобретаем необходимое оборудование, чтобы весь цикл, все испытания можно было выполнять в нашем центре.

**Оборудование испытательной лаборатории ЭМС нам показал заместитель начальника лаборатории Игорь Александрович Волков.**

**Игорь Александрович, можно ли увидеть испытательные комплексы собственной разработки АО «ТЕСТПРИБОР»?**

Один из таких комплексов расположен на участке испытаний на ЭМС. В настоящее время, наверное, наибольшее количество наших заказчиков – из области авиационной аппаратуры, и в данный момент здесь проводятся испытания устройств для будущих отечественных авиационных двигателей.



Комплекс для имитации бортовой электросети

Для имитации бортовой электросети применяется комплекс нашей собственной разработки. Он позволяет имитировать различные режимы, такие как прерывания электропитания, пульсации и т. п.

Рядом расположена установка имитации кондуктивных помех, таких как, например, молниевые разряды, в соответствии с требованиями к авиационной аппаратуре.

Помимо определения того, насколько изделие соответствует требованиям, мы даем советы заказчику, как бороться с негативными явлениями, поскольку мы как испытательный центр обладаем довольно большим опытом, накопили базу результатов испытаний множества изделий. Это позволяет нам не только выявить несоответствующее изделие, но и понять, почему оно не проходит то или иное испытание.

Наши заказчики часто возвращаются к нам. Многие – практически уже «свои люди» в этой лаборатории, а это лучшая оценка для нас.

Один из таких заказчиков как раз сейчас работает в нашей полубезэховой камере. Это помещение служит для того, чтобы измерять как электромагнитное излучение



Игорь Волков



Внутреннее пространство полубезэховой камеры. Под белыми панелями находится радиопоглощающий материал

самого прибора, так и его поведение при воздействии электромагнитных помех от других источников. Чтобы результаты были достоверными, необходимо обеспечить экранирование от внешней среды, а также устранить отражения электромагнитных волн внутри камеры. Данная камера обладает коэффициентом экранирования порядка 100 дБ, а подавление отражений от ее стен и потолка обеспечивается специальным радиопоглощающим материалом в виде пирамид, форма которых также снижает степень отражения. Этот темный материал можно видеть в некоторых местах, где сняты белые панели, роль которых в том, чтобы в этом помещении не было слишком темно.

Камера называется полубезэховой, потому что пол не имеет радиопоглощающего покрытия. В этом случае камера с металлическим полом имитирует открытую площадку. Если на полу разместить поглотитель, то камера станет безэховой.

#### Антенны у вас тоже собственной разработки?

Нет, антенны, применяемые для измерений и для создания испытательного излучения, мы закупаем. Главное – выбрать правильную антенну, что, на самом деле, не очень просто, для этого тоже нужен опыт.

Мы не ставим перед собой задачу абсолютно всё разрабатывать самим. Что-то нужно делать из множества покупных изделий.

#### В каком диапазоне можно проводить испытания в этой камере?

Мы проводим испытания в диапазоне до 40 ГГц. В данном вопросе определяющей является не только камера, но и измерительное оборудование, и прочее оснащение.

С этим диапазоном мы работаем уже больше трех лет. Кстати, и сертификационные испытания СВЧ-компонентов мы тоже можем проводить в этом диапазоне.

Еще одна наша собственная разработка – установка для испытаний на устойчивость к воздействию постоянного и переменного магнитных полей напряженностью до 20 кА/м. В частности, таким образом имитируется процесс размагничивания кораблей. Установка включает набор колец Гельмгольца разного диаметра. Эта установка выглядит простой – всего две катушки. Однако к этим катушкам нужен аппаратный комплекс, который позволяет реализовать соответствующее воздействие.

Кроме того, у нас есть возможность проводить испытания на воздействие электростатического разряда (ЭСР). С помощью так называемого статического пистолета – это покупное оборудование – можно имитировать ЭСР до 30 кВ в различных условиях. Практика показывает, что это очень полезное испытание. Дело в том, что ЭСР распространены в повседневной жизни, в реальных условиях эксплуатации изделий, однако многие изделия это испытание не проходят. А чувствительность к ЭСР на практике означает, что устройство может выйти из строя в самый неожиданный момент и, казалось бы, без каких-либо причин.

Еще одна установка – реверберационная камера для испытаний на воздействие мощных электрических полей. В камере создается электромагнитная волна, которая интерферирует со своим отражением от стенок и элементов специальной системы создания резонанса. Образуется стоячая волна с максимумом в том месте, куда помещается испытуемое изделие. С помощью этой камеры мы создаем поля напряженностью до 1000–1300 В/м.

#### Реверберационная камера – это разработка вашей компании?

Да, это полностью наша разработка, относительно недавняя.



Кольца Гельмгольца в установке для испытаний на устойчивость к воздействию постоянного и переменного магнитных полей



Реверберационная камера

Такие испытания очень важны, например, для авиационной аппаратуры. Вблизи аэродромов, на кораблях, в условиях, когда два самолета летят рядом, поля, создаваемые радиолокаторами, оказывают существенное воздействие на радиоэлектронную аппаратуру. С помощью этого испытания можно определить, как поведет себя электронное устройство в условиях облучения радиоволнами.

Рядом у нас подготовлена площадка для камеры акустического шума, о которой рассказывала Наталья Сергеевна. Мы уже установили компрессор, ресиверы, установка уже собрана. Осталось установить каркас и подключить сжатый воздух.

### Зачем для этой камеры сжатый воздух?

С его помощью формируется высокое звуковое давление. Дело в том, что давление более 140 дБ создать с использованием обычных усилителей и динамиков практически нереально. Динамиков нужно очень много, образуемые ими волны складываются, и, возможно, такое давление и образуется в какой-то точке, но не в большом объеме. Поэтому приходится использовать пневматические сирены – модуляторы быстрого потока воздуха, подаваемого под давлением.

### То есть получается своего рода свисток?

Да. Этот метод описан, но, как показала практика, создать такую установку не так легко. Однако нам удалось сделать достаточно простую и недорогую конструкцию.

### И какого давления удается достичь?

При испытаниях мы получали 160 дБ, но там применялся не очень удачный компрессор. Сейчас у нас новый компрессор – до 10 атм., и мы надеемся получить давление 170 дБ.

**Экскурсию по лаборатории испытаний ЭКБ для нас провел начальник лаборатории Павел Игоревич Гребенщиков.**

### Павел Игоревич, с чего начинается работа с партией электронных компонентов?

Сначала компоненты поступают на участок входного контроля, где выполняется их идентификация, то есть проверяется, что за изделия пришли, в каком количестве, какое у них происхождение, определяются их массогабаритные характеристики, даты выпуска и т. п. Также выявляются все расхождения в документации.

Для проверки компонентов используются увеличительные средства и измерительные приборы. Также у нас имеется установка для фотографирования дефектов

и несоответствий, что нужно для отчетов поставщикам и заказчикам.

Большая часть бракованных изделий выявляется именно на этом этапе.

Испытания ЭКБ сейчас очень востребованы по ряду причин.

В частности, очень актуален вопрос выявления контрафакта. Отчасти из-за санкций, отчасти из-за общего роста мирового спроса

на ЭКБ количество контрафакта в последнее время резко выросло. Сейчас на этапе входного контроля практически к каждому десятому изделию у нас есть вопросы.

Бывают и курьезные ситуации. Например, недавно к нам поступили микросхемы, которые были сняты с производства в 2008 году. А на упаковке стоит дата изготовления 2010 год. И подобные случаи не редки.

Помимо проверки компонентов, на этой стадии составляется маршрутный лист, с помощью которого в дальнейшем отслеживается прохождение партии по всем этапам контроля и испытаний. Также у нас разработана собственная программа на базе 1С, в которую заносятся все данные о партии. Она позволяет в любой момент определить, на каком этапе находится конкретное изделие.

На данный момент внесение данных производится вручную. Но мы планируем внедрить систему



Павел Гребенщиков



Участок входного контроля



#### Участок изготовления оснастки

прослеживания с применением сканеров штрихкода, что позволит отказаться от бумажного маршрутного листа и автоматизировать ввод данных.

Прослеживание – это очень важный вопрос в наших условиях. У нас иногда одна спецификация может содержать 1000 позиций, в каждой из которых может быть более 10 тыс. компонентов. Учитывать и отслеживать это достаточно сложно, поэтому мы постоянно совершенствуем этот процесс.

#### На участке входного контроля у вас выполнена защита от ЭСР. Это распространяется на всю лабораторию?

Да, вся лаборатория испытаний ЭКБ имеет защиту от ЭСР. Все работники носят антистатические браслеты. Полы, мебель, рабочие поверхности – всё выполнено с соблюдением соответствующих требований. Исключений здесь быть не может.

Далее изделия поступают на участок контроля параметров. Он разбит на несколько секторов: пассивных компонентов, дискретных полупроводниковых компонентов и микросхем небольшой степени интеграции – простой



Стенд измерения параметров СВЧ-компонентов

логики, операционных усилителей и т. п., и сложных микросхем, включая ПЛИС.

На этом участке имеется установка, позволяющая протестировать компоненты при пониженных и повышенных температурах.

Для измерения электрических параметров компонентов мы разрабатываем оснастку, представляющую собой печатную плату с контактирующим устройством, например панелью под микросхему, и иногда – со вспомогательными компонентами. Для каждого типа устройств – своя оснастка.

Для большинства изделий оснастка у нас уже имеется, но иногда требуется изготовить новую, например для корпуса, который к нам до этого не поступал. Для этого у нас есть специальный участок, оборудованный фрезерным станком для изготовления плат и паяльной станцией. Также у нас на этом участке есть некоторый запас компонентов, которые могут понадобиться для новой оснастки. Например, для задания определенных режимов могут потребоваться конденсаторы различных номиналов.

Поэтому мы можем достаточно оперативно изготовить новую оснастку.

Отдельно у нас расположен стенд измерения параметров СВЧ-компонентов. Контрольно-измерительные приборы – векторный анализатор цепей и анализатор спектра – позволяют нам производить измерения в диапазоне до 40 ГГц.

Для СВЧ-изделий также необходима оснастка. Если частоты не превышают 10–15 ГГц, обычно мы изготавливаем оснастку на платах из материала фирмы Rogers. При более высоких частотах, как правило, используем керамику.



Камера тепло-холода-влаги



Камера солевого тумана

Бывают случаи, когда требуется прецизионная оснастка с золотым покрытием. Это очень дорого, но потери в такой оснастке значительно меньше.

Также компоненты проходят испытания на механические и климатические воздействия. В частности, у нас есть установка испытания на усилие отрыва выводов.

#### Испытания на отрыв выводов – разрушающие?

Да, поэтому мы их выполняем выборочно. Также к разрушающим относится очень важное испытание – на паяемость.

Здесь присутствует шкаф для электротермотренировки. В нем мы выдерживаем изделия в подключенном состоянии в течение длительного времени при повышенной температуре. После такого воздействия обычно проявляются скрытые дефекты, и таким образом осуществляется отбраковка.



Камера повышенного давления



Гелиевый течеискатель

Кроме того, на основе дрейфа параметров можно выявить потенциально ненадежные изделия, которые в космос уже не полетят.

Достаточно распространенная камера тепла-холода фирмы ESPEC предоставляет возможность выполнения термоциклирования. Еще две камеры – тепла-холода-влаги – позволяют проводить испытания при повышенной и пониженной температуре и заданной влажности.

У нас есть и камера солевого тумана. Она у нас работает практически непрерывно – это испытание очень востребовано у тех, кто занимается корабельной аппаратурой.

Следующий участок включает камеры пониженного и повышенного давления. Они позволяют нам испытывать аппаратуру при давлении до 8 атм., а также при глубоком вакууме – до  $10^{-6}$  мм рт. ст. При этом испытания могут проводиться под электрической нагрузкой:



Установка определения наличия посторонних частиц в корпусе компонента



### Установка испытаний на воздействие одиночных механических ударов ТЕКО

у камер есть соответствующие разъемы для подключения испытываемых изделий.

Еще одна установка, на которую я бы хотел обратить внимание, – гелиевый течеискатель. Она предназначена для проверки герметичности корпусов электронных компонентов. Мы ее используем для испытания как ЭКБ, которую мы поставляем, так и корпусов собственного производства.

Далее – участок испытаний на механические воздействия.

Первая установка предназначена для определения наличия посторонних частиц в корпусе компонента с помощью вибрации звуковой частоты и ударных воздействий 1000g. По отклику на осциллографе можно судить, есть ли такие частицы в корпусе или нет.

Также здесь расположены два вибростенда. Один из них высокочастотный – до 30 кГц. Второй – достаточно популярный немецкий вибростенд TIRA с частотой до 2,5 кГц, но позволяющий работать с более тяжелыми изделиями.



### Установка упаковки компонентов в ленту

Еще одна установка механических воздействий – наша разработка, ТЕКО. Это стенд одиночных ударов до 3 500g. С помощью соответствующей оснастки он позволяет проводить испытания в трех плоскостях.

### Когда компоненты прошли испытания, в каком виде они отправляются заказчику?

Это зависит от типа компонентов.

Некоторые компоненты, предназначенные для автоматизированного поверхностного монтажа, должны быть упакованы в ленту. На участке упаковки у нас есть полуавтоматическая установка, позволяющая это сделать. Укладка компонентов в ленту выполняется вручную. После этого установка заклеивает ленту.

Компоненты в россыпи упаковываются в вакуумные пакеты на другой установке.

В результате ЭКБ оказывается готовой к отправке на склад заказчика.

### Спасибо за интересный рассказ, и удачи в реализации ваших дальнейших планов.

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



### СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ СО ВСТРОЕННЫМИ АНТЕННАМИ НА НАНОГЕТЕРОСТРУКТУРАХ A³B⁵

Под редакцией д. т. н., профессора П. П. Мальцева

В сборник вошли статьи сотрудников Федерального государственного автономного научного учреждения «Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В. Г. Мокерова» Российской академии наук (ИСВЧПЭ РАН), опубликованные в период 2010–2017 гг. по новым направлениям исследований наногетероструктур A³B⁵ (арсенид галлия и нитрид галлия): расчет и моделирование систем на кристалле с интегрированными антеннами и усилителями для крайне высоких частот, создание фотопроводящих антенн для терагерцевых устройств.

Статьи использованы при выполнении работ по заказу Минобрнауки России в рамках: ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2007–2013 годы и на 2014–2020 годы.

Москва: ТЕХНОСФЕРА,  
2018. – 528 с.  
ISBN 978-5-94836-526-8

Цена 1 090 руб.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)