

Новый цех под «старые» жгуты: особенности автоматизации производства под литерную КД

А. Фединцева¹

УДК 621.3 | ВАК 2.2.2

В ныне сложившейся ситуации в нашей стране многие промышленные предприятия вынуждены модернизировать свое производство и ускорять темпы выпуска продукции в несколько раз. Данная ситуация не обошла стороной и такую консервативную отрасль, как ВПК. К нам обратилось одно из предприятий, которому потребовалась срочная модернизация производства кабельных жгутов. На таких предприятиях существуют определенные проблемы в связи с тем, что конструкторская документация (КД) и технология изготовления жгутов были разработаны несколько десятилетий назад. Но новые реалии диктуют новые условия и требования. В статье рассмотрен комплекс решений для изготовления кабельных жгутов, которые позволяют автоматизировать производство, значительно сократить время выпуска жгутов и повысить их качество.

Самое главное требование, которое выдвинул заказчик – это ускорить выпуск кабельных жгутов как минимум в два раза. Изучив рынок оборудования, инструментов и новых материалов, которые ничем не уступают, а в чем-то даже превосходят материалы прошлых лет, мы взялись за решение этой сложной задачи и пересмотрели все этапы производства, начиная от склада и заканчивая электроконтролем.

Участок материалов и покупных комплектующих изделий. Проблема, которая существует на данном участке – провода поступают от поставщиков в бухтах, либо на катушках большого диаметра. При перемотке провода с бухты на катушку он начинает запутываться, скручиваться и заламываться, а иногда даже образуются узелки. А провода, намотанные на катушки большого диаметра, иногда невозможно перемещать вручную из-за их большой массы, либо такие катушки невозможно установить на станок для резки проводов (посадочное место рассчитано под катушки меньшего диаметра). Поэтому провода подвергаются перемотке на катушки меньшего диаметра. Как правило, такие работы производят в ручном режиме, на что уходит драгоценное время.

Мы предложили следующие решения:

1. Станок для размотки бухт проводов (рис. 1). С помощью этого станка перемотываются провода с бухт на катушки нужного диаметра в автоматическом режиме.

2. Станок для намотки провода на катушки. С помощью станка возможна перемотка провода с катушек большого диаметра на катушки меньшего диаметра, а также упорядочение рядности намотки провода (виток к витку). Все это опять в автоматическом режиме.

Тем самым мы экономим время на перемотку и получаем готовые намотанные катушки, с которыми могут работать как люди, так и оборудование, а также при хранении таких катушек они занимают меньше места и могут аккуратно размещаться на полках.

Следующий – **заготовительный участок**. Основные проблемы данного участка:

1. Нарезка проводов на каждый жгут является важной и трудоемкой работой электромонтажника, особенно если жгут более 2–3 м в длину и имеет несколько разъемов на концах. При таком большом количестве проводов несложно допустить ошибку. Ведь необходимо собрать жгут по КД. А сколько времени уходит на обработку концов проводов – обрезать плетенку (при наличии), снять изоляцию на необходимую длину, а если в контакт паяется несколько проводов, то их необходимо скрутить вместе. И завершающий этап – обработать концы проводов флюсом и облудить припоем. На большинстве наших предприятий ВПК все это делается вручную, крайне редко где встречаются хотя бы автоматические линии для резки проводов. На этом этапе мы опять теряем драгоценное время.

¹ ООО «НПП ПРОТОН», главный технолог, fam@npp-proton.ru.



Рис. 1. Станок для размотки бухт проводов



Рис. 2. Система подачи проводов

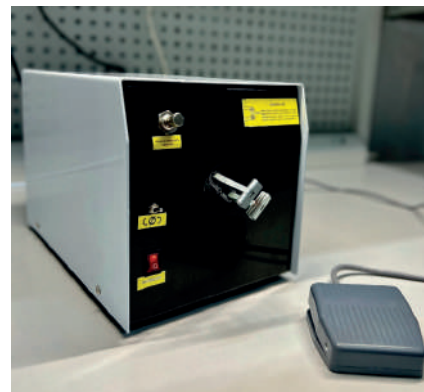


Рис. 3. Машинка для подкрутки и снятия изоляции

2. Далее провода раскладываются на плазе опять же в ручном режиме. Хорошо, если такие плазы есть на предприятии, а ведь у некоторых все это делается на обычном рабочем месте или на полу, что очень неудобно и отнимает много времени на подготовку. И опять здесь вмешивается человеческий фактор – по ошибке мы можем взять провод не той марки или сечения.
3. И еще одна проблема – основная – это прозвонка (поиск) каждого провода при монтаже, что занимает не один час, особенно если жгут трудоемкий. Наши решения:

1. Со склада перемотанные катушки с проводами поступают на участок для мерной резки. Но у каждого предприятия очень большая номенклатура проводов. И для того, чтобы не занимать много места станками или приспособлениями для каждой отдельной катушки в современном мире существует система подачи провода (рис. 2), на которую устанавливается одновременно восемь катушек с проводами разного сечения, а также данная система помогает разматывать провод с катушки и при необходимости отматывать его обратно на катушку. Скорость подачи провода регулируется и настраивается для каждой катушки в отдельности.
2. После мерной резки необходимо подготовить концы проводов к монтажу (пайке) в разъемы. И тут нам на помощь придет автоматическая линия для обработки проводов, специально спроектированная под этот проект отечественным предприятием «НПП ПРОТОН», в которую входят:
 - лазер CO₂ для зачистки изоляции проводов;
 - машинка для подкрутки и снятия изоляции (рис. 3);
 - модуль флюсования;
 - модуль лужения.

Данная линия позволяет производить подготовку концов проводов к монтажу (пайке), а именно:

- с помощью лазера делаем рез на изоляции на заданной длине;
 - с помощью машинки снимаем отрезанный кусочек изоляции с конца провода, также на этой машинке мы можем скручивать несколько проводов вместе (при необходимости);
 - производим флюсование;
 - облуживаем зачищенные концы провода припоем в модуле лужения.
3. После подготовки раскладываем провода на плазе и заделываем их концы в картонки, которые имитируют количество и расположение контактов в данном конкретном разъеме (рис. 4). Для этих целей будем использовать станок с ЧПУ производства «НПП ПРОТОН» для раскладки проводов на плазе. С помощью станка раскладываются все провода, которые



Рис. 4. Раскладка проводов в оснастку с имитацией разъема

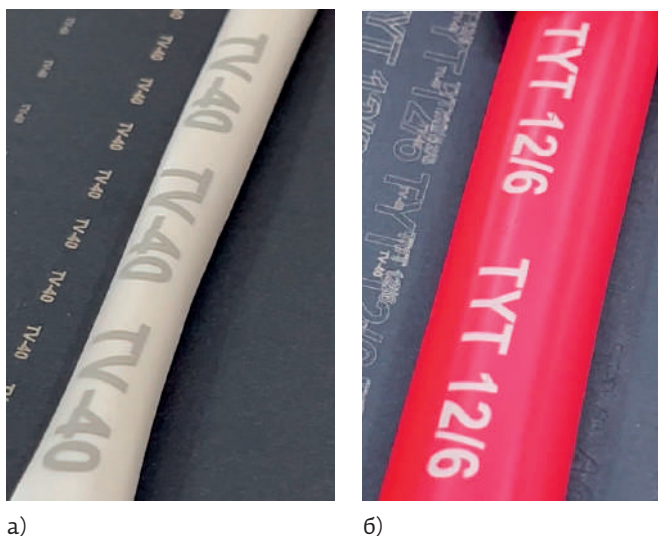


Рис. 5. Маркировка трубок 305 ТВ-40 (а) и ТУТ (б)



Рис. 6.
Маркировка
полиамидных
разъемов

входят в состав жгута, формируется тело жгута, формируются его плечи (ответвления), а также каждый конец провода заделывается в оснастку, которая имитирует разъем в части количества и расположения контактов, что облегчает труд электромонтажника при распайке проводов в разъемы, а также сводит к минимуму ошибки, допускаемые при распайке разъемов (не тот провод не в тот контакт).

Станок работает по трем основным осям – X, Y, Z. В его память записывается цифровой двойник эталонного жгута, то есть оператор выбирает тот жгут, который необходим ему по заданию и станок самостоятельно раскладывает провода на плазе. Станок может автономно работать



Рис. 7.
Маркировка
разъема РС

в круглосуточном режиме, тем самым подготавливая жгуты на следующую рабочую смену.

Таким решением мы в несколько раз ускоряем процесс подготовки проводов к монтажу, раскладываем провода в автоматическом режиме на плазе и освобождаем электромонтажника от прозвонки проводов, то есть экономим его время при распайке разъемов, а также уходим от такой проблемы, как человеческий фактор, так как жгут будет собран согласно КД и электрической схеме жгута.

Еще один участок, для которого мы закупили новинки – **участок маркировки**.

Согласно КД, все разъемы, бирки, маркировочные трубки необходимо маркировать перед установкой на кабельный жгут, при этом надписи должны быть читаемы, не стираться, не выцветать, не исчезать при воздействии бензина, спирта и других материалов, не растрескиваться со временем. Сейчас это в основном делается вручную, либо на станках, которые были изготовлены в прошлом веке. Выгравированное место заливается краской. На данный момент, в связи с возросшим объемом производства, электромонтажники проводят целую смену за станком для гравировки. Помимо этого, они размечают вручную место для гравировки и подписывают на бумаге обозначение, которое необходимо выгравировать. Да, есть лазеры, с помощью которых наносится обозначение на трубки, либо термотрансферные принтеры. Но заказчик бросил нам вызов – им необходимо было маркировать такой материал, как полиамид.

Мы нашли решение и для этой задачи, и приобрели два станка.

Один из них – ультрафиолетовый лазер. Маркирует всё – пластинки и разъемы из полиамида, различные виды трубок (305 ТВ-40/ТУТ/ТТК), картон, металлические бирки (рис. 5). При этом ничего не прожигает, а надписи читаемы. Но самое главное, что надписи не стираются и не выгорают, не исчезают со временем.

Еще одна из функций нашего лазера – мы можем с помощью конвейера (идет в комплектации с лазером) и машинного зрения делать маркировку сразу нескольких разъемов, то есть раскладываем на конвейер несколько разъемов, конвейер движется и как только разъем попадает в поле машинного зрения и работы лазера, то на него наносится маркировка (рис. 6).

Второй станок – лазер для маркировки и гравировки металлических разъемов. Мы протестировали все виды разъемов: РМ, РМД, РМДТ, РС, РСЗ, МР, СНЦ и др. Для любого из этих разъемов результат нас удовлетворил, как и заказчика. В зависимости от требований КД, можно либо промаркировать разъем, либо сделать на нем гравировку (рис. 7).

Теперь электромонтажник может подойти к любому из лазеров и, нажав пару кнопок, получить готовый результат.

Заготовительный участок + склад материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий (МПКИ) + склад готовой продукции. Как мы знаем, при изготовлении жгутов их приходится перемещать с одного участка на другой, а также ходить на склад МПКИ за комплектующими, что занимает время электромонтажника. Мы решили внедрить на производство роботизированные тележки (рис. 8). Такие тележки в количестве 10 шт. курсируют по цеху в автоматическом режиме, согласно программному заданию, при необходимости вызываются электромонтажником, тем самым освобождая его для выполнения более важных задач, чем перемещение между участками.

Тележка служит для доставки материалов, покупных комплектующих, комплектующих собственного производства со склада на участок, а также для доставки тела жгута с заготовительного участка на участок электромонтажа, с участка электромонтажа на другие участки цеха



Рис. 8. Роботизированная тележка

для дальнейшей сборки и для сбора готовых кабельных жгутов и их доставки на склад готовой продукции.

Участок электромонтажа. После сборки тела жгута выполняется электромонтаж (пайка разъемов). Качественный и быстрый электромонтаж возможен только при наличии надежных инструментов, оборудования, приспособлений, но, как часто это бывает, покупаются самые дешевые инструменты и оборудование, которые очень быстро выходят из строя, особенно если учитывать нынешние темпы производства. Но, помимо этого, нужно позаботиться и о здоровье рабочего персонала.



Рис. 9. Паяльная станция Альфа 102-ИТ

И поэтому мы предложили следующее оборудование:

- паяльные станции «Альфа». Альфа 102-ИТ (рис. 9) – цифровая многофункциональная паяльная станция, к которой, помимо паяльника, можно подключать до пяти различных термоинструментов. Альфа 202 с паяльниками мощностью 100 и 200 Вт (рис. 10) – цифровая паяльная станция, на первом канале которой работает испытанный временем и модернизированный паяльник α-100, а на втором канале подключен новый паяльник α-200. Предусматривается возможность включения/выключения нагрева паяльных инструментов в любом сочетании;
- паяльные станции AiXun (аналог JBC) (рис. 11);
- сменные жала для всех видов работ к обоим видам паяльных станций;
- обжигалки одно- и двухпетельные для снятия изоляции (рис. 12);
- струбцина / тиски для крепления разъемов при пайке;
- дымоуловители для отвода воздуха с вредными примесями с рабочего места.

Всё это оборудование уже опробовано в производстве и доказало свою надежность, а в случае поломки – ремонтпригодность.

Следующий интересный участок – **участок раскладки и лентообмотки жгутов**. После электромонтажа



Рис. 10. Паяльная станция Альфа 202



Рис. 11. Паяльная станция AiXun

(в некоторых случаях данная операция выполняется до электро-монтажа) необходимо разложить жгут, расправить провода, уложить плечи жгута, подготовить жгут к обмотке одной или не-

сколькими видами лент и обмотать. Либо как это делалось ранее и делается по сей день – протянуть жгут и его плечи в трубки 305 ТВ-40/305 ТВ-50/305 ТВ-60 и наложить бандаж на место стыка трубок. Но все это занимает много времени – бывает, что провода в трубку сложно протянуть или в процессе протяжки механически повредили трубку, а это значит, что трубка снимается и вся операция начинается заново. А сколько времени уходит на ручное бандажирование тела жгута, особенно если по КД заложено несколько видов лент, которые наматываются друг на друга.

Вот наше предложение для решения этой проблемы. Используем восьмиметровый плаз с перфорацией для раскладки и лентообмотки жгутов. На плазе при помощи штырьков раскладываем и закрепляем жгут, его плечи (ответвления), расправляем провода, укладываем плечи жгута. Так как плаз восьмиметровый, то на нем одновременно могут работать несколько человек (если жгуты в длину до 4 м). Далее на нем же – поднимаем по штырькам

жгут на высоту примерно 150–200 мм от плаза и с помощью ручной машинки для бандажирования (рис. 13) делаем бандаж из изолянты или ленты фторопластовой на теле жгута, его ответвлениях и бандажуем места стыка плеч и основного тела жгута. При этом, если штырь в процессе обмотки мешает, можно его достать, а потом вернуть на место или наоборот – где-то еще дополнительно установить при необходимости. Ручная машинка для бандажирования может подвешиваться к несущей конструкции, тем самым мы облегчаем ее вес, и рука электромонтажника не будет уставать, а также можно регулировать скорость обмотки, что позволит видеть и чувствовать процесс обмотки.

Еще один участок – **участок оплетения**. Согласно КД и технологии сборки кабельных узлов, после бандажирования жгут и его плечи протягивают в готовую плетенку. На этом этапе нужно подготовить плетенку к продеванию в нее тела жгута, то есть растянуть до необходимого диаметра, так как плетенка приходит намотанная на бухты в плоском виде. После растяжки в нее продевается тело жгута, и так же как в ситуации с трубкой – то тяжело протянуть, то плетенку повредили, а значит снимаем ее и начинаем операцию сначала. А после накладываем металлический бандаж на места стыка нескольких видов плетенки. Если жгут трудоемкий и сложный по исполнению, то на данную операцию может уйти полсмены и больше.

Мы предложили такой вариант – станки для оплетения жгутов проволокой на 24 и 36 катушек (рис. 14). Этими двумя станками можно делать любой типоразмер плетенки, задействуя либо все катушки, либо только их часть. Оператору только остается установить жгут в месте схождения всех проволоочек и нажать кнопку «Старт». Если жгут длинный, то он в автоматическом режиме наматывается на барабан станка.

Кроме того, мы решили доработать эти станки, а именно – вырезать отверстие в площадке, на которую крепятся катушки, чтобы можно было оплетать любой жгут, не задумываясь о его длине. Еще хотелось бы отметить такой момент – наш станок работает по-настоящему тихо, то есть можно стоять рядом с ним и разговаривать как обычно, не повышая голос. Это достигается благодаря конструкции станка, его шестерни работают в емкости с маслом, что и создает эффект малозвучности.

Станок может работать не только с медной луженой проволокой, но и с медной посеребренной проволокой, моноволоконными нитями.

Следующий участок – **участок герметизации и полимеризации**. После оплетения есть еще один немаловажный этап в изготовлении кабеля – это герметизация. Все разъемы после распайки герметизируются, в зависимости от технологии производства – компаундами, герметиками, пеногерметиками. Также при склейке различных



Рис. 12. Обжигалки двухпетельная (а) и однопетельная (б)

материалов и на резьбовые соединения могут наноситься различные клеи. Но и тут не бывает без проблем. Основная из них – компоненты на многих производствах смешиваются вручную. При таком смешивании очень часто бывают неоднородности и руками большой объем не смешаешь, а иногда для одной операции по герметизации необходимо не менее 1 кг материала. Либо предприятия используют самодельные миксеры, но и они не дают 100%-ный результат при смешивании. И очень часто встает вопрос о дозировании приготовленного материала.

Мы предложили для смешивания всех компонентов использовать планетарный миксер, а для дозированной заливки под давлением – экструдер и дозатор. Наши миксеры служат верой и правдой уже не на одном предприятии, в том числе и в отрасли ВПК.

После заливки герметика/клея его необходимо полимеризовать. Есть такие материалы, у которых время полимеризации составляет 72 ч. Но на данный момент у нашей отрасли нет столько времени на ожидание. Поэтому мы предложили использовать печи для полимеризации материалов, тем самым сократив время сушки до нескольких часов. Но стоит отметить, что такой вариант подходит не для всех материалов.

И завершающий участок – **участок электроконтроля**. После операций электромонтажа, обмотки лентой, оплетения и полимеризации необходима проверка электрических параметров жгута. На данный момент у многих предприятий эта операция проводится тремя разными приборами, что неудобно и занимает много времени.

Поэтому мы обратились к нашим коллегам, которые изготовили для нас тестер жгутов. Он проводит проверку правильности распайки согласно электрической схеме жгута, проверку сопротивления изоляции и электрической прочности изоляции (пробой) по заранее прописанной программе. Оператору остается только подключить жгут к тестеру, выбрать программу и всего за пару минут получить готовый результат, затем снять жгут и распечатать протокол испытаний.

Подведем итог – работа была сложной и в то же время увлекательной. Было изучено много КД, ГОСТов, ОСТов, ТУ на материалы. Были применены знания и опыт с предыдущих проектов, проведены встречи с конструкторами, технологами и электромонтажниками, которые работают в отрасли ВПК, выдвинуто много разных идей, некоторые из них были реализованы в нашем

Рис. 13.
Ручная машинка для бандажирования



проекте. Самая главная задача, которую мы выполнили – это сократили время изготовления жгутов, а также спроектировали планировку цеха и участков так, чтобы кабельные жгуты можно было собирать как в ручном, так и в полуавтоматическом и в автоматическом режимах.

Поскольку наша компания всегда настроена на максимальное удовлетворение потребностей заказчика, мы не ограничились поставкой и запуском оборудования. Отрасль ВПК очень консервативна, особенно это касается литерных изделий, которые собираются годами по одной и той же КД, технологии, с использованием одних и тех же материалов. Мы изучили КД на изготовление жгутов, поняли, что в жгутах есть материалы, которые не играют особой роли при изготовлении, разобрали все узкие места при производстве и предложили свои варианты решения, то есть начали работать с конструкторами и вносить изменения в КД (литерную!).

Первое изменение, которое мы предложили – заменить трубки 305 ТВ-40, 305 ТВ-50, ленту кремнеземную марки КЛ, ленту склеивающую марки ЛТ на электрои-

Рис. 14. Станок для оплетения жгутов на 36 катушек с нашей доработкой



золяционную термостойкую самослипающуюся ленту ЛЭТСАР марки «К» тип «Г». Тем самым электромонтажнику не нужно протягивать жгут в трубку, накладывать бандажи на места соединения трубок, а также мотать вручную несколько слоев различных лент. ЛЭТСАР выдерживает температуру от -50 до 250°C , кратковременно до 300°C , тип «Г» полностью слипается за 3 ч при температуре 150°C . Цех одобрил наше нововведение, но было одно «но». Лента при укладке на изделия тяжело протягивается через отверстия, трубки, прилипает к внутренним стенкам. Тогда мы предложили сверху дополнительно обматывать жгут липкой лентой фторопластовой. Она дает дополнительную защиту ЛЭТСАРа и необходимое скольжение при протяжке. При применении этих двух лент мы получаем уменьшение трудоемкости при изготовлении жгута, более легкий по весу жгут и сохраняем его гибкость. Более подробно опыт применения ленты ЛЭТСАР при изготовлении кабельных жгутов мы ранее описали в статье в журнале «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес», 2024, № 1.

Второе изменение, которое было нами предложено – заменить три вида материала (виксинт ПК-68-1, компанд ЭЗК-6, герметик ВГО-1) по заливке разъемов на один. Это самое узкое место в технологии изготовления жгутов относительно скорости процесса, так как этот этап может занимать до 72 ч (заливка + сушка). Мы долго искали и нашли материал, которым можно заливать разъемы.

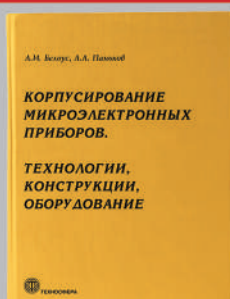
Он однокомпонентный, время полимеризации примерно 2–3 ч (в зависимости от объема), материал обладает высокой адгезией не только к металлу, но и к фторопластовой изоляции проводов, не впитывает в себя влагу, не охрупчивается при заморозке. Материал состоит из гранул, расплавляется в печи при температуре 180 – 200°C , заливается в горячем виде в разъем и остается полимеризоваться при комнатной температуре в течение 2–3 ч. Материал был испытан нами после заливки в климатической камере при температуре -60°C . Никаких изменений в структуре материала не произошло.

Заказчик еще не принял окончательное решение по внедрению данного материала, но его испытания показали отличный результат. Если все пойдет по плану, то мы заменим три материала на один и ускорим процесс герметизации и полимеризации как минимум в 10 раз. Хотелось бы отметить, что на данный момент мы ведем переговоры с рядом российских предприятий о локализации производства данного материала у нас в России.

И напоследок хочу сказать – не бойтесь перемен, даже если они происходят в такой консервативной отрасли, как ВПК, боритесь за свои производства, не бойтесь менять КД, ведь сейчас столько новинок в области оборудования и материалов, которые в несколько раз превосходят по своим характеристикам оборудование и материалы прошлых лет.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Белоус А.И., Паньков А.А.

Корпусирование микросхем, технологий, конструкций, оборудование

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 558 с. ISBN 978-5-94836-668-5

Цена 1960 руб.

Издано при финансовой поддержке Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации

В книге представлены систематизированные результаты детального анализа современного состояния и тенденций развития технологий корпусирования (сборки) микросхем, полупроводниковых приборов, силовых модулей и систем в корпусе. Книга ориентирована на достаточно широкую аудиторию – от студентов, аспирантов и преподавателей технических вузов, специализирующихся в области микроэлектроники, до инженеров-разработчиков микросхем и электронных систем на их основе, инженеров-технологов сборочных производств, сотрудников исследовательских лабораторий и академических институтов, руководителей предприятий радиоэлектронной отрасли. В одиннадцати тематических главах последовательно, на конкретных примерах рассмотрены все основные этапы реализации технологического маршрута процесса корпусирования – от этапа формирования многоуровневой металлизации на кристалле до герметизации и тестирования микросхемных приборов. Кроме описания технологических режимов, конструктивных особенностей, использованных материалов, режимов проведения технологических операций представлено также описание базового состава и технических характеристик используемого на каждом этапе технологического и измерительного оборудования. Впервые в отечественной научно-технической печати подробно изложены теоретические основы методов прецизионного измерения одного из важнейших контролируемых параметров микросхем – теплового сопротивления, представлено описание основных экспериментальных методов его измерения, описаны концепции, методы, инструменты и оборудование для калибровки испытываемых устройств в диапазоне температур. Также впервые в отечественной научно-технической печати детально рассмотрены современные концепции, технологии, методы и инструменты тестирования собранных в корпус микросхем, систем в корпусе и систем на пластине.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91; тел.: +7 495 234-0110; факс: +7 495 956-3346; e-mail: knigi@technosphere.ru; sales@technosphere.ru



МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2024

29 мая – 1 июня
ПАТРИОТ ЭКСПО

ОРГАНИЗАТОР
САЛОНА



МЧС РОССИИ

ОПЕРАТОР
САЛОНА



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

www.isse-russia.ru

