

МАРТ | 2018 | №1 (17)

# ЭКСПЕРТ+

ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ



## «Жалящие» технологии

Передовые разработки в области паяльного оборудования

## Люди бьются за металл

Использование фотополимерных моделей для литья металлов

## Покорение ускорения

Особенности выбора и эксплуатации испытательных центрифуг



**+ Чёткость цели,  
точность попадания**



# От редакции



Алексей Смышляев,  
редактор журнала «Эксперт+»



**Региональная экспансия —  
не цель, а средство,  
позволяющее перевести  
количество в качество**



Здравствуйтесь, коллеги!

Возможно, вы впервые держите в руках этот журнал, но постоянные читатели, давно знакомые с «Диполь», знают, как много делается нашей компанией для того, чтобы стать ближе к заказчикам и незамедлительно реагировать на их запросы. Здесь следует упомянуть и работу сервисных служб, и участие в выставках, на которых доступна самая широкая информация о наших возможностях и компетенциях, и организацию научных конференций. Отдельного разговора достойна тема обучающих семинаров, которые «Диполь» регулярно проводит и в различных российских городах, и за рубежом.

Еще один шаг к успешным партнерским отношениям — открытие собственных территориальных представительств компании. Наше появление в регионах ответственности позволяет вывести взаимодействие с заказчиком на новый уро-

вень, оперативно осуществлять не только поставку современных технических решений, но и их сервисную поддержку, повысить узнаваемость бренда, успешно продвигать предложения «Диполь» по комплексному обслуживанию.

Число представительств увеличивается, и, начиная с этого номера, журнал «Эксперт+» будет рассказывать как о регионах нашего присутствия, так и о работающих там партнерах «Диполь» — предприятиях с современной организацией бизнеса, использующих новейшее оборудование и выпускающих конкурентную, а часто и уникальную продукцию.

Региональная экспансия, о которой мы не стесняемся заявлять, конечно, не цель, а всего лишь средство. То самое количество, имеющее успех только вкупе с качеством, о чем мы никогда не забываем.

# Содержание



**4.**  
**Технологии**  
Просто о сложном

**14.**  
**Оборудование**  
Жалящие технологии

**24.**  
**Технологии**  
Покорение ускорения

**32.**  
**Заказчик**  
Между Европой  
и Азией

**44.**  
**Технологии**  
Без колебания  
о колебаниях

**52.**  
**Антистатика**  
За щитом или на щите

**60.**  
**Новость**  
Международное  
признание







Научно-технический журнал «Эксперт+» является корпоративным информационным изданием компании «Диполь». Журнал посвящен инновационным решениям для разработки, производства и испытаний электронной техники.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 — 58957 от 05 августа 2014 года.  
Учредитель ЗАО «Диполь Технологии». Периодичность выхода — 4 раза в год. Тираж 2500 экз.  
Распространяется бесплатно.

Подписка на журнал осуществляется запросом в произвольной форме на электронный адрес: [expert@dipaul.ru](mailto:expert@dipaul.ru)

Редакционный совет:  
Игорь ИВИЧЕВ  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Главный редактор:  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Дизайн и верстка:  
Виктория СИБИРЦЕВА

Компания «Диполь»  
Санкт-Петербург  
(812) 702 12 66  
Москва  
(495) 645 20 02  
Нижний Новгород  
(831) 464 97 27  
Екатеринбург  
(343) 227 12 66  
Прага  
+420 2 5573 9633

[expert@dipaul.ru](mailto:expert@dipaul.ru)  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)



# 64.

## Оборудование

Не по трафарету

# 70.

## Технологии

И тебя посчитал

# 88.

## Оборудование

Мощность  
против энергии

# 94.

## Измерения

DC offse

# 102.

## Технологии

Люди бьются за металл



# Просто о сложном

Простые решения по намотке сложных изделий







Сергей Тихонов,  
главный технолог  
направления «Решения для производства  
кабельных сборок и жгутов»  
tsa@dipaul.ru

Не так давно, когда все деревья для меня были большими, мой дедушка, Сергей Тимофеевич, подарил мне на день рождения набор для сборки транзисторного радиоприемника «Юность КП-101». Подарок привел меня в восторг, и, как только гости ушли, я с большим усердием приступил к сборке этого устройства. Необходимо было впаять на входящую в комплект текстолитовую плату с разведенными дорожками некоторое количество радиоэлементов — особых затруднений это для меня не составило, но кроме монтажа в отверстие при сборке радиоприемника необходимо было решить

еще две задачи. Первая — сборка антенны. Для этого необходимо было на ферритовый стержень прямоугольного сечения проводом ЛЭШО 8x0,07 мм (многожильный, эмалированный, в шелковой изоляции) сформировать три обмотки: L1 — 90 витков, L2 — 2 витка и катушка L3 — 4 витка. Вторая задача — сборка трансформатора. Для этого по задумке конструктора было необходимо силами одного ребенка при помощи челнока намотать на ферритовое кольцо (далее — тор) первичную обмотку, состоящую из 40 витков провода ПЭЛШО - 0,12 мм (одножильный, эмалиро-

ванный, в шелковой изоляции), и сформировать вторичную намотку, состоящую из 100 витков провода ПЭВ-2 0,12 мм (одножильный эмалированный). Тогда я очень хорошо осознал технологическую сложность этого процесса. Кроме того что было необходимо считать количество витков, их нужно было укладывать по схеме «виток к витку». Но я боролся! Взяв волю в кулак, неоднократно переделывая, я справился со сборкой антенны и трансформатора. Можно сказать, это был мой первый успешный шаг в профессиональную тему намотки (рис. 1).

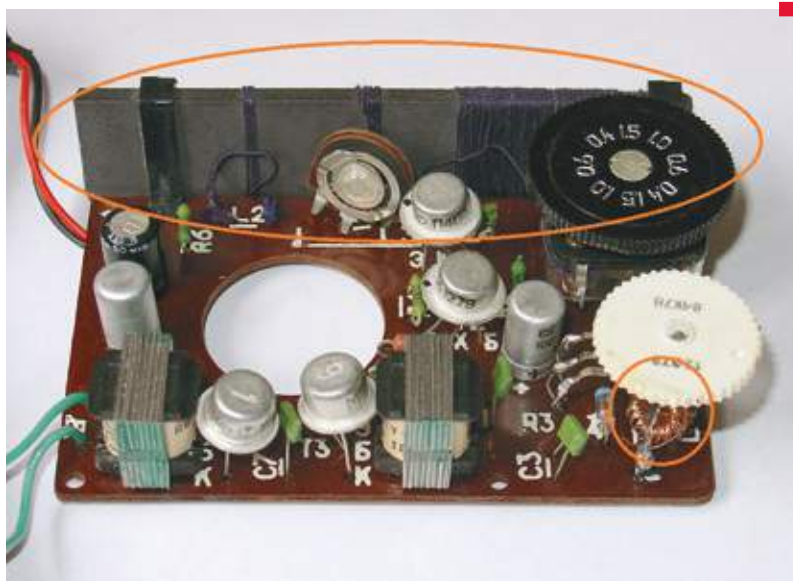


Рис. 1. Результат сборки трансформатора и антенны. Классические образцы тороидальной и линейной намотки

Шло время. Копился опыт, усложнялись задачи. Мне приходилось сталкиваться с достаточно трудными технологическими вопросами по созданию моточных изделий: от изготовления каркасов, магнитопроводов, формирования непосредственно обмоток до пропитки и заливки моточных изделий.

Исследуя конструктив изделий и применяемые материалы, по тем или иным причинам не всегда можно рекомендовать использование полной автоматизации. Доля ручного труда в моточном производстве достаточно велика, следствием чего является высокий уровень брака

и увеличение себестоимости изделий, но тем не менее пооперационная автоматизация часто возможна, и она дает высокий экономический эффект при внедрении на производстве. Используя современные технологические решения, производство неизбежно переходит на новый качественный уровень. Казавшиеся недостижимыми ранее параметры изделий с новыми технологиями становятся нормой.

Современное производство моточных изделий полного цикла состоит из нескольких этапов:

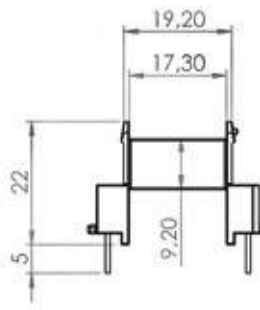
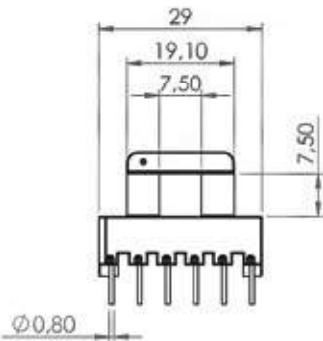
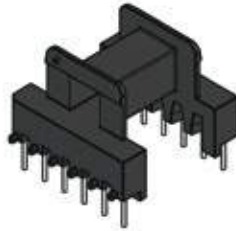
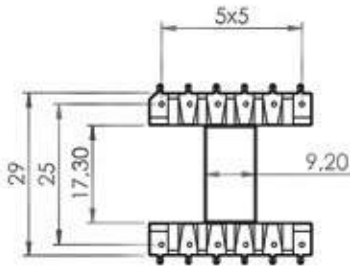
1. изготовление каркаса под намотку;
2. изготовление магнитопровода;
3. формирование обмотки проводом;
4. сборка изделия;
5. пропитка или заливка;
6. маркировка и упаковка.

Каждый из этапов имеет много особенностей и нюансов, определяющих возможность автоматизации.





## Изготовление каркаса под намотку



Каркас (рис. 2) — элемент конструкции катушки, который обеспечивает ее необходимую геометрию. Как правило, каркасы изготавливаются из диэлектрических материалов. При изготовлении каркасов применяют различные технологии, в зависимости от объемов производства и технических требований к изделию используется и литье пластика под давлением, и вырубка деталей каркасов из картона с последующей сборкой, и т. д. Критичным параметром при автоматизации для каркаса является его геометрия.

Рис. 2. Каркас катушки



## Изготовление магнитопровода

Рис. 3. Установка продольной резки трансформаторной стали

Задача заключается в обеспечении размотки рулона стали и его равномерной подачи в машину продольной резки, где лист металла, проходя через валки с установленными ножами, разрезается на ленты необходимой ширины. После этой процедуры ленты сматываются в рулоны для дальнейшей обработки. Следующим этапом изготовления магнитопровода является намотка ленты и формирование геометрии магнитопровода. Геометрия определяется оправками, которые используются при намотке магнитопровода (рис. 4).



Рис. 4. Машина для намотки магнитопровода



По окончании намотки мы получаем готовый магнитопровод, который, в зависимости от конструктива, передается либо на этап формирования обмотки (например, тороидальная намотка), либо на следующие этапы изготовления, такие как пропитка, сушка, распил. После этого магнитопровод считается готовым и передается на сборку конечного изделия (рис. 5).

Существуют также другие технологии изготовления магнитопровода.



Рис. 5. Готовые магнитопроводы





## Непосредственное формирование обмотки проводом



Сегодня на производствах используют два типа намотки: линейная, или рядовая, и тороидальная (рис. 6, 7).



Рис. 6. Рядовая намотка

Рядовая, или линейная, намотка разделяется на два типа: каркасная (намотка осуществляется на каркас) и бескаркасная (намотка осуществляется на специальную оправку, которая формирует геометрию катушки и в последующем удаляется).

При тороидальной намотке провод наматывается на тор (тороид) — поверхность, которая получается вращением образующей окружности вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр.



Рис. 7. Тороидальная намотка

При намотке провода необходимо решить несколько технологических задач и обеспечить:

- подачу провода;
- необходимое натяжение провода;
- точное позиционирование провода при намотке;
- раскладку провода при намотке;
- контроль количества витков провода;
- контроль скорости намотки.



Современные решения для намотки предлагают различную степень автоматизации: от ручных (рис. 8) до полностью автоматизированных высокопроизводительных машин (рис. 9).

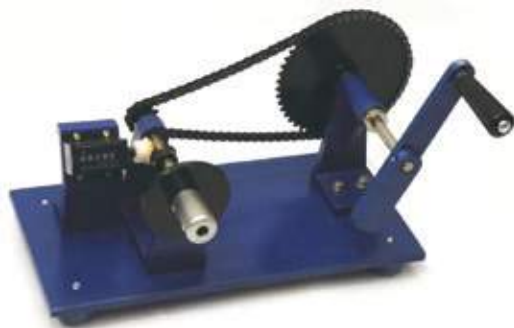


Рис. 8. WH-737 — ручная машина для линейной намотки

Полностью автоматические машины выполняют цикл намотки в автоматическом режиме: закрепляют провод на контактный вывод каркаса, заводят провод на катушку, осуществляют раскладку и намотку провода на достаточно высоких скоростях, закрепляют провод на второй контактный вывод катушки. При необходимости выполнить вторичную обмотку, автомат продолжает работу, формируя вторичную обмотку.



Рис. 9. 12-шпindleная автоматическая машина WH-2012

Кроме полных автоматов, ориентированных на выпуск ограниченной номенклатуры изделий, существует полуавтоматическое оборудование, имеющее много больше возможности по намотке, но не очень высокую производительность. Например, машина рядовой намотки компании Erasan E-300 (рис. 10). Она с высокой точностью раскладывает провод на катушке до 350 мм и укладывает провод от 0,01 до 2,5 мм.



Рис. 10. Машина рядовой намотки E-300

Находится применение и другим, более крупным машинам, которые мотают провод до 30 мм в диаметре и укладывают его на катушку до 2,5 м (рис. 11).



Рис. 11. Машины компании Egasa для работы с крупногабаритными рядовыми катушками

С намоткой тороидальных катушек ситуация обстоит сложнее. Возможности автоматизации намотки тороидальной катушки определяют в первую очередь габариты катушки, а во вторую — количество провода, которое необходимо разложить на торе.

Очевидно, что чем меньше габариты тора и чем больше провода необходимо на нем разместить, тем сложнее автоматизация процесса. На современном этапе развития технологии намотки тора существуют машины, позволяющие автоматизировать процесс с остаточным внутренним диаметром тора (внутренний диаметр после намотки) от 1,7 мм (рис. 12).



Рис. 12. Станок тороидальной намотки TU-150 для намотки миниатюрных торов





Автоматизация намотки более крупных торов — менее сложная задача. Для этого существуют машины со сменными моточными головками со шпулями диаметром от 4 до 13 дюймов (рис. 13).

После изготовления непосредственно катушки изделие передается на финальную сборку.

## Сборка изделия

На данном технологическом этапе происходит сборка конструктива конечного изделия: установка на магнитопровод или в специальный держатель (для торов) намотанных катушек, монтаж выводов катушек, а также фиксация всей конструкции.



Рис. 13. Машины тороидальной намотки со сменными моточными головками

## Пропитка или заливка

По окончании сборки конечного изделия наступает не менее ответственный технологический этап пропитки или заливки. Исходя из формулировок отраслевого стандарта (ОСТ 180363-87), заливку и пропитку производят с целью увеличения надежности изделия, электрической изоляции, а также в целях придания залитым узлам вибро-, водо-, термо- и ударопрочности.

**Пропитку** моточных изделий осуществляют в специальных установках — автоклавах, обеспечивающих необходимые температуру, уровень вакуума и избыточного давления.

Как правило, технологический процесс пропитки проходит по следующей схеме. Изделие помещают в автоклав, нагревают до определенной технологическим процессом температуры

и выдерживают при таком режиме нужное время, осуществляя «сушку изделия». Затем объем автоклава заполняется разогретым лаком, и происходит непосредственная пропитка изделия, при этом изменяется давление в автоклаве от вакуума до избыточного. Так происходит определенное количество циклов в соответствии с технологическим процессом. По окончании пропитки с автоклава

сливается лак, и происходит сушка изделия при температуре, определенной в технической документации.


**Заливка** изделия несколько отличается от пропитки лаком. Подготовленные моточные изделия устанавливаются в специальные формы и заливаются подготовленным материалом, при этом осуществляются важные этапы подготовки материала: разогрев, дозирование в определенных пропорциях, гомогенное смешивание и вакуумирование компонентов. После заливки изделие необходимо поместить в наиболее комфортные условия для полимеризации смеси. По окончании процесса заливки и пропитки изделие передается на окраску, маркировку и упаковку.

При описании изготовления моточных изделий я опустил или не полностью раскрыл многие нюансы технологии, но вернусь к ним в дальнейших статьях.

## ОТ АУДИТА ПЛОЩАДКИ ЗАКАЗЧИКА ДО ПОСТАВКИ РЕШЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

При внедрении нового технологического решения в производство разумно рассчитывать на то, что производственная линейка станет более эффективной, позволяя расходовать меньше ресурсов на достижение поставленных задач. При общении с руководителями производственных площадок я постоянно сталкиваюсь с вопросом: что же даст внедрение этой технологии? Точный ответ можно дать только после проведения аудита предприятия.

В данном случае аудит предполагает подробное ознакомление с работой компании и включает знакомство с руководством предприятия, с имеющимися технологическими возможностями, рабочими площадями, поставленными задачами и, конечно, имеющимися проблемами. На основе полученных данных разрабатывается комплексный проект по внедрению технологической линейки оборудования. Как правило, готовых решений, удовлетворяющих потребности конкретного предприятия, не существует, поэтому приходится проводить доработку технологического решения под задачи конкретного производства и, как следствие, проводить испытания и согласования, требующие больших временных затрат. В результате формируется уникальный проект по модернизации конкретного производства с уникальными технологическими решениями.

При реализации проекта компания «Диполь» не только осуществляет поставку комплекта оборудования и программной среды для интеграции технологических решений в имеющуюся на предприятии систему управлением производством, но и оказывает помощь в построении технологического процесса и дальнейшее сопровождение в жизненном цикле проекта. 

# «Жалящие» технологии

Передовые разработки от Накко Corporation







О многочисленных минусах привычной конструкции паяльника с керамическим нагревателем специалисты говорят на протяжении последних двадцати лет. У всех подобных паяльных инструментов имеются общие недостатки — воздушный зазор между нагревателем и внутренней поверхностью жала. Как следствие, паяльник долго нагревается, а при пайке массивных объектов слишком быстро остывает.

В поиске путей решения этих проблем компания Hakko Corporation первой в мире разработала конструкцию паяльника с композитным наконечником.

Владислав Спицын,  
руководитель  
направления паяльного оборудования  
svv@dipaul.ru

## Что такое композитный наконечник паяльника?

Композитная головка (наконечник) представляет собой единый модуль, состоящий из нагревательного элемента, датчика температуры и самого наконечника. Таким образом, формируется единый функциональный блок (рис. 1).

При очень небольших размерах композитная головка обладает быстрой тепловой реакцией и высокими характеристиками теплового восстановления.

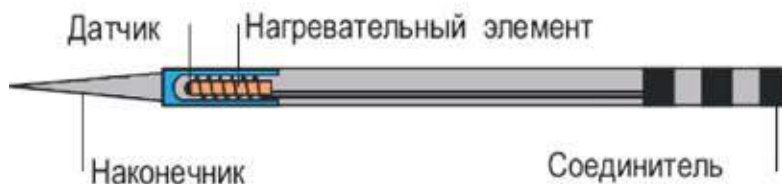


Рис. 1. Особенности конструкции композитного наконечника

## Разные задачи — разные профили

В настоящее время существует большой ассортимент композитных наконечников. Рассмотрим их разновидности на примере продукции компании Nakko (Japan).

Основное отличие наконечников заключается в характеристике их профилей (конфигураций).

### Профиль ВС/С

Данный вид профиля представляет собой усеченный конус (ВС) или усеченный цилиндр (С) (рис. 2).

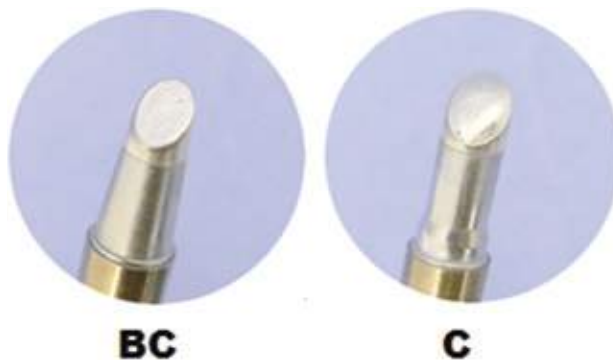


Рис. 2. Внешний вид наконечников (профиль ВС/С)

За счет более широкого основания профиль ВС имеет большую теплоемкость по сравнению с С. Это особенно актуально для жал с маленьким диаметром наконечника.

Буква F в наименовании профиля (BCF/CF) означает, что рабочая поверхность данного жала располагается только на его скосе (рис. 3).

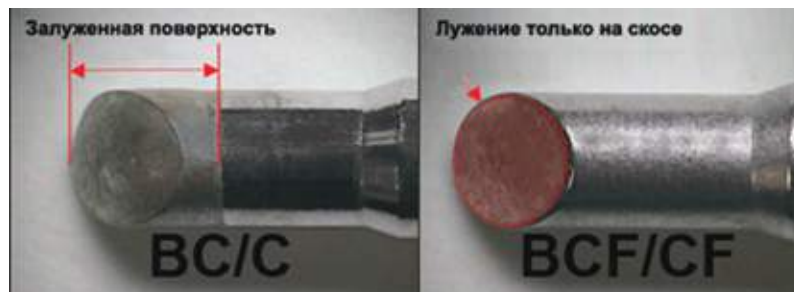


Рис. 3. Изображение наконечника с залуженной поверхностью

Буква М в наименовании профиля (ВСМ/СМ) означает, что у данного жала имеется небольшая ямка на скосе, что позволяет хорошо удерживать каплю припоя, — это так называемая мини-волна (рис. 4).

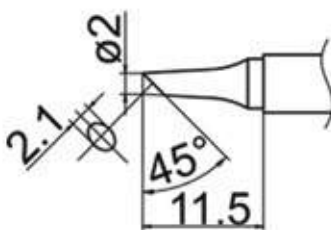


Рис. 4. Внешний вид наконечников (профиль ВС/ВСМ)

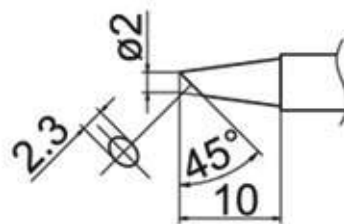


Буква Z в конце наименования профиля, например T12-BC2Z, означает, что жало характеризуется более толстым покрытием на рабочей части, за счет чего оно имеет долгий срок службы и при этом меньшую теплопроводность, чем обычное жало.

Жала Hakko Corporation с профилем BC/C выпускаются с диаметром наконечника 0,8–4,2 мм (рис. 5).



T12-BC2 Shape-2BC



T12-BC2Z Shape-2BC(Z)  
\*Long Life Type

Рис. 5. Наконечники типа BC/BC(Z)

### Профиль D

Данный вид профиля имеет форму плоской отвертки. С его помощью пайка может проводиться двумя рабочими поверхностями: торцевой (Line) и лицевой (Face) (рис. 6).



Рис. 6. Наконечник в форме шлица (отвертки)

Буква W в наименовании профиля, например T12-WD12, означает, что жало относится к типу высокопроизводительных (Heavy Duty). В отличие от стандартных эти жала обладают гораздо большей теплоемкостью за счет утолщения на конце.

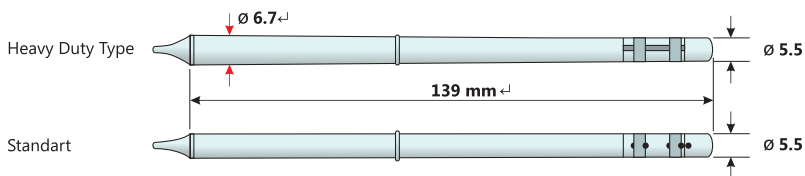


Рис. 7. Изображение наконечника с высокой производительностью (Heavy Duty)





Рис. 8. Сравнение наконечников T12-D12 и T12-DL12

Буква L в наименовании профиля, например T12-DL12 (рис. 8), означает, что наконечник жала имеет увеличенный размер, за счет чего достигается теплоемкость даже большая, чем в варианте Heavy Duty.

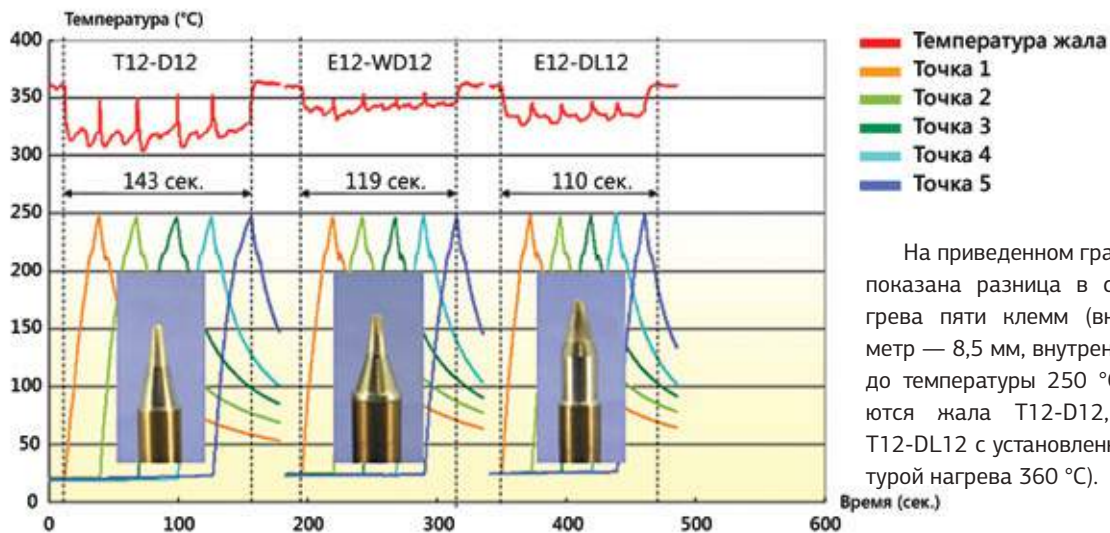


Рис. 9. График скорости нагрева жала паяльника

На приведенном графике (рис. 9) показана разница в скорости нагрева пяти клемм (внешний диаметр — 8,5 мм, внутренний — 4 мм) до температуры 250 °С (сравниваются жала T12-D12, T12-WD12, T12-DL12 с установленной температурой нагрева 360 °С).

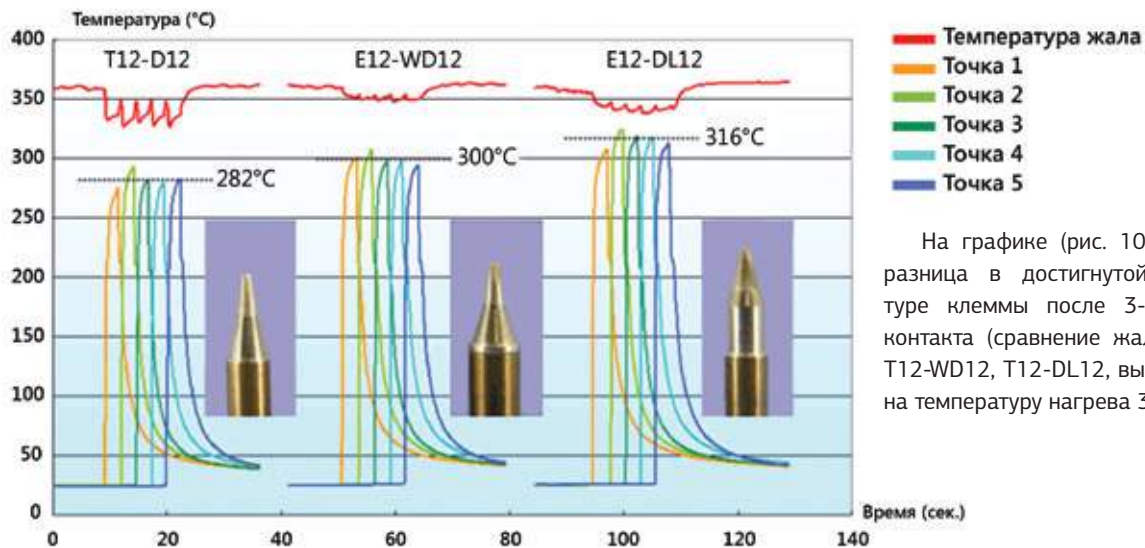


Рис. 10. График, демонстрирующий разницу в достижении заданной температуры по времени в зависимости от формы наконечника

Как видно из графиков, наилучшей производительностью обладают жала L-типа, однако за счет массивных размеров их применение не всегда возможно при некоторых видах работ (например, при пайке в условиях плотного монтажа).

Буква Z в конце наименования профиля, как и в предыдущем случае, означает, что жало имеет более толстое покрытие. Жала с таким видом профиля выпускаются с шириной наконечника 0,8–5,2 мм.

### Профиль К

Данный вид профиля, который японские производители часто используют в работе, имеет форму ножа. Это удобное жало характеризуется хорошей теплоемкостью и позволяет выполнять практически любые работы, будь то пайка выводных, SMD-компонентов (Surface Mounted Device — прибор, монтируемый на поверхность) или лужение плат и зачистка контактных площадок BGA (рис. 11).

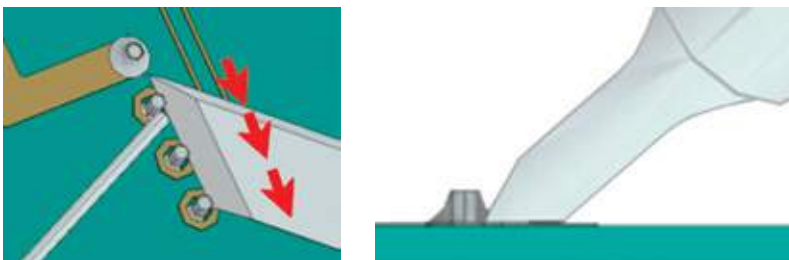


Рис. 11. Схема пайки DIP-компонента наконечником формы К



Таким жалом очень удобно припаивать микросхемы в SOIC- и QFP-корпусах (рис. 12). За счет того что длина среза составляет 6,65 мм, при подобных видах работ оно даже удобнее, чем использование мини-волны.

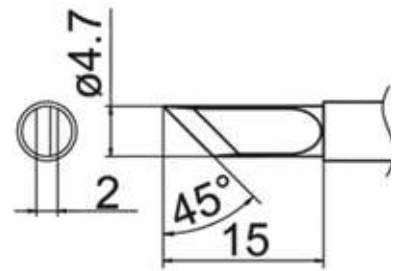
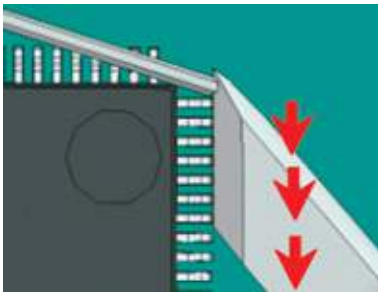


Рис. 12. Схема пайки QFP-компонента наконечником формы К

Эти жала выпускаются с правосторонней заточкой (для работы правой рукой — T12-K, T12-KR, T12-KRZ), с левосторонней (T12-KL) и двухсторонней (T12-KF, T12-KFZ, T12-KU). Жало T12-KU имеет уменьшенную ширину кончика 3 мм.

Буква Z в конце наименования профиля, как и в предыдущих случаях, означает, что жало обладает более толстым покрытием.

### Профиль I

Профиль характеризуется чрезвычайно тонким наконечником, напоминающим шило, и подходит для работы в условиях очень плотного монтажа и для пайки миниатюрных SMD-компонентов типоразмера 0603, 0402 (рис. 13).



Рис. 13. Пайка QFP-компонента наконечником формы I. Очень тонкий наконечник позволяет легко припаять крошечный чип

### Профиль J

Пайка с помощью наконечника формы J позволяет удерживать рукоятку паяльника в более удобном (параллельном плоскости платы) положении, чем при использовании других форм жала (рис. 14).



Рис. 14. Пайка электронного компонента наконечником формы J





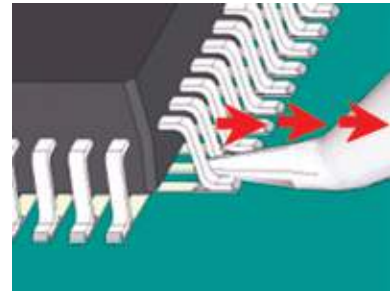
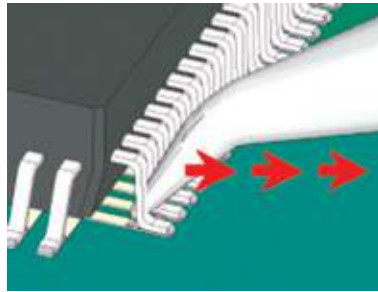
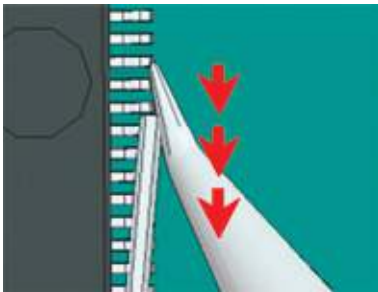
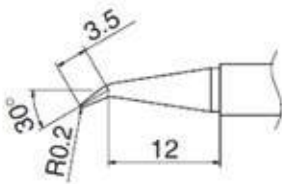


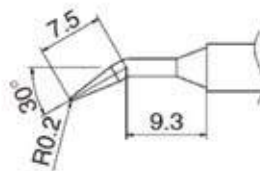
Рис. 15. Схема пайки QFP-компонента наконечником формы J

За счет загнутого кончика область применений расширена по сравнению с жалами с профилем I.

T12-J02 Shape-0.2J



T12-JL02 Shape-0.2JL



T12-JS02 Shape-0.2JS

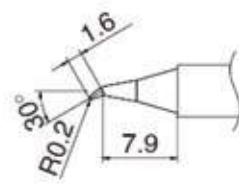
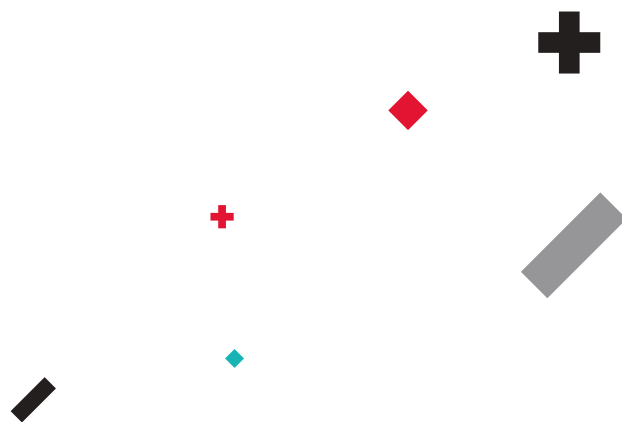


Рис. 16. Разновидности наконечников JD T12 формы J

Как успели убедиться уже многие специалисты, когда говорят о Накко, то подразумевают качество, а когда нужно качество — вспоминают о Накко.





### Профиль В

Напоминающее по форме шариковую ручку, жало с таким профилем в виде закругленного конуса позволяет производить пайку как выводных элементов, так и SMD-компонентов (рис. 17).

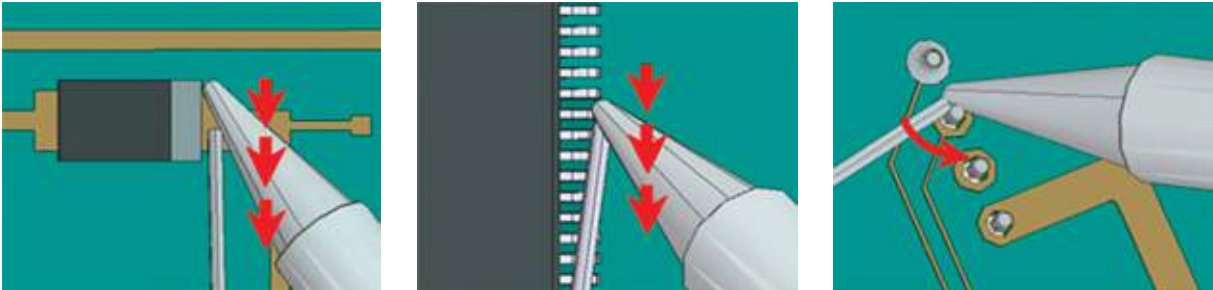


Рис. 17. Схема пайки электронных компонентов наконечником формы В

Выпускается в восьми вариантах с различными значениями радиуса закругления кончика и высоты конуса, а также в варианте Heavy Duty (T12-WB2) и вариантах с утолщенным покрытием (T12-BZ и T12-B2Z) (рис. 18).

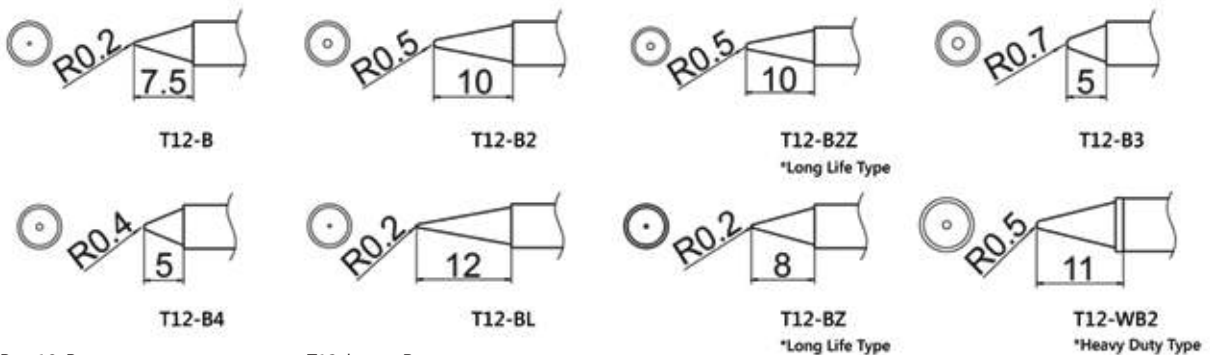


Рис. 18. Разновидности наконечников T12 формы В

Предложенный обзор создает достаточно подробное представление об ассортименте и возможностях композитных наконечников. В частности, композитные наконечники серии T12 (существует 87 разновидностей жал данной серии) используются в станциях серии FX-950/951/952 — одних из самых популярных моделей Hakko в настоящее время. Мощность данных станций составляет 75 Вт, что является оптимальным в условиях российского производства (рис. 19).



Расширенная номенклатура наконечников серии T-12 позволяет выбирать нужную форму жала и выполнять любые разновидности работ, связанных с ручной пайкой — с компонентами разной теплоотдачи.

Правильный подбор наконечника напрямую влияет на качество паяемого соединения, скорость пай-

ки, срок службы самого наконечника, что, в свою очередь, повышает качество выпускаемых изделий и снижает уровень брака.


Как успели убедиться уже многие специалисты, когда говорят о Hakko, то подразумевают качество, а когда нужно качество — вспоминают о Hakko. 



Рис. 19. Станции Hakko (серия FX-951/952), с которыми используются наконечники серии T12



# Покорение ускорения

**Испытательные центрифуги.  
Проблемы выбора и эксплуатации**



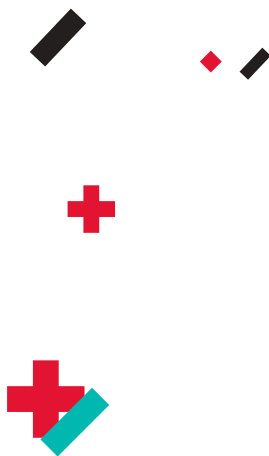


Все, что взлетает или приземляется, испытывает воздействие линейного ускорения. В условиях производственного предприятия такое ускорение проще всего имитируется с помощью центрифуги.

Центробежная сила, возникающая при равномерном вращении тела вокруг какой-либо оси, — одна из тайн мироздания, которую пока так и не смогли толком объяснить. В самом деле, Луна вращается вокруг Земли в пустоте. Казалось бы, на наш спутник действует только сила притяжения Земли, и потому Луна должна упасть на поверхность нашей планеты. А она не падает, поскольку каким-то образом при вращении возникает компенсирующая центробежная сила, и летит себе Луна, покоря пространство и время. Впрочем, давайте в отличие от Луны спустимся на землю и рассмотрим актуальную задачу о выборе центрифуги для испытаний.



Александр Кисин,  
заместитель руководителя  
отдела испытательного оборудования  
aikisin@dipaul.ru



Центрифуги производят в больших количествах и разных видов: маленькие лабораторные используются в микробиологии для фильтрации; технологические — для разделения фракций в химическом производстве; прецизионные — для калибровки датчиков; центрифуги огромных размеров предназначены для медицинских и космических ис-

следований; испытательные — для проверки работоспособности изделий в условиях воздействия высоких ускорений. О последних и пойдет речь в статье. От прецизионных собратьев их отличают, прежде всего, сравнительно низкие требования к погрешности поддержания угловой скорости ( $\pm 0,5-2\%$ ) и невысокая цена.

## Требования к испытательной центрифуге

Испытания на воздействие линейным ускорением регламентируются рядом документов. Так, в ГОСТ Р 51805-2001 «Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие линейного ускорения» приводятся требования к диапазонам ускорений при испытаниях изделий некоторых видов (табл.).

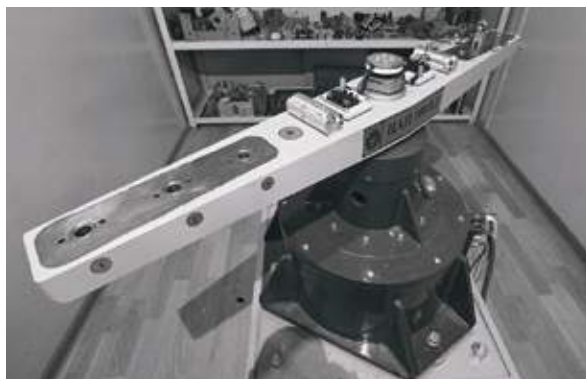


Рис. 1. Типичные конструкции испытательной центрифуги

Таблица. Требования к диапазонам ускорений при испытаниях изделий некоторых видов

Ускорение, $m/c^2$	Пример применения
30–100	Обычный уровень испытаний изделий, предназначенных для самолетов
50–200	Предельный уровень испытаний изделий, предназначенных для самолетов
100–1000	Обычный уровень испытаний изделий, предназначенных для космической техники
1000–5000	Испытание для проверки прочности конструкции в процессе производства полупроводниковых приборов, интегральных схем и других подобных изделий



В другом документе, ГОСТ 30630.1.4-2002 «Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие линейного ускорения» описывается метод испытаний (метод 107). Суть его в следующем.

Изделие располагают на столе центрифуги таким образом, чтобы отклонение значений ускорения в любой точке изделия (включая гибкие выводы) относительно его центра масс или геометрического центра вращения не превышало +10 % от значения ускорения в контрольной точке. Контрольную точку, относительно которой рассчитывают радиус оси вращения изделия, выбирают в центре стола центрифуги. Испытания проводят путем воздействия на изделие линейного ускорения, чье значение должно соответствовать требованиям ТУ. Продолжительность испытания составляет 3 мин в каждом направлении (в двух противоположных положениях). В процессе испытания ведется контроль параметров изделия.

Таким образом, очевидны основные параметры испытательной центрифуги:

Современный подход к антистатической защите электроники вписывается в общую схему стандартизации в области электростатики. Система международных стандартов по электростатике IEC 61340 включает пять групп документов:

1. Максимальное линейное ускорение.
2. Максимальный радиус размещения образца.
3. Допустимое отклонение линейного ускорения от заданного значения. При линейных размерах изделия меньше 10 см оно не должно превышать 10 %. В других случаях ускорение должно находиться в пределах  $-10...+30$  % от заданного значения.
4. Длительность испытаний. При испытаниях для изделия наиболее критично воздействие во время нарастания ускорения, поэтому сама длительность воздействия с заданным линейным ускорением может быть небольшой.

5. Длительность разгона (нарастания) —  $t_n$  и торможения (спада) —  $t_c$ .

6. Число контактных колец и их параметры для осуществления контроля состояния изделия в процессе испытания.

Казалось бы, если задано линейное ускорение, на котором следует проводить испытания, его допустимая погрешность, известны габариты и масса образца, требования к его подключению (число контактов, их допустимый ток и напряжение), остается только выбрать оборудование, приобрести его, установить и начать испытания. Но все не так просто, поскольку купленное оборудование может сделать «сюрприз», не обеспечив нужных параметров в созданных условиях эксплуатации.

Рассмотрим причины «капризного» поведения центрифуг.

Рис. 2. Испытательная центрифуга в процессе производства



## Дисбаланс ротора

Если не рассматривать случаи явного брака, когда у изделия нарушена балансировка незагруженного ротора, то заурядная несимметричность загрузки центрифуги вызывает появление соответствующей центробежной силы, приводящей к деформации вала, что в свою очередь становится причиной его периодических биений. В том случае, когда частота биений совпадает с собственной частотой колебания вала, возникает резонанс. Соответствующее частоте резонанса число оборотов вала называется критическим. Центрифугам присуще наличие эксцентриситета масс загруженного ротора относительно оси вращения, так как добиться идеальной симметрии загрузки невозможно. Для обеспечения правильной работы центрифуги необходимо, чтобы рабочая скорость была достаточно далека от критических скоростей, вычисленных для положительной и отрицательной прецессий. Эта скорость должна находиться либо вне интервала вычисленных критических скоростей, либо внутри него.

**При выборе центрифуги руководствуются в том числе анализом конструкции объекта испытаний, а также продуманным выбором помещения для размещения оборудования**

Эксцентриситет — это внецентренное нагружение, когда нагружающая сила приложена не в геометрическом центре ротора, а с некоторым смещением от него.

Прецессия — это перемещение, или вибрация, оси ротора в плоскости его вращения.

## Аэродинамическое сопротивление конструкции

На величину аэродинамического сопротивления влияет форма ротора и испытуемых изделий (с приспособлениями для их размещения), пространство помещения для центрифуги, а также структура потока обтекающего конструкцию воздуха (ламинарный или турбулентный).

Для анализа аэродинамического сопротивления целесообразно выделить следующие основные варианты конструкции ротора и образцов.

**1. Вся несущая конструкция ротора, а также приспособления для установки изделий и сами изделия остаются открытыми.** Результат — плохая обтекаемость, проявляющаяся в общих и местных срывах потоков, сходах вихрей, пульсациях поверхностных давлений воздуха и т. п. Все внешние поверхности находятся под воздействием аэродинамических сил, что помимо потерь энергии приводит к повышенным шумам. Переменные аэродинамические и акустические воздействия могут вызывать нарушения работы испытуемых объектов, если в них размещается действующая во время испытаний чувствительная аппаратура.

**2. Несущая конструкция имеет обтекаемую форму.** Это возможно, когда тонкостенная оболочка ротора одновременно является и несущей конструкцией, и оболочкой, формирующей внешнюю гладкую выпуклую поверхность ротора как поверхность вращения. Значительные преимущества подобной конструкции достигаются, когда объект испытаний также размещается внутри подобной оболочки.

**3. Необтекаемая несущая конструкция ротора, приспособление для установки объекта и сам объект испытаний накрыты общим кожухом.** Кожух крепится к основной несущей конструкции, имеет обтекаемую форму и полностью накрывает всю конструкцию. Возможен вариант, когда кожух закрывает только периферийную часть ротора, дающую наибольший вклад в аэродинамическое сопротивление. Как вариант, возможно использование отдельных обтекателей для частей необтекаемой несущей конструкции. Например, для испытаний крупногабаритных объектов можно закрывать обтекателем только объект с крепежным приспособлением — важной составляющей аэродинамического сопротивления.



Таким образом, если основной вклад в аэродинамическое сопротивление вносит установочное приспособление, то для уменьшения его лобового сопротивления желательно применить обтекатель. Его использование может в 3–5 раз уменьшить действие аэродинамических сил. Это особенно эффективно, если именно лобовое сопротивление объекта испытаний вносит основной вклад в затраты мощности. Однако применение обтекателей связано с определенными

трудностями. На обтекатель действуют большие центробежные силы, соответственно, его конструкция должна быть достаточно прочной и жесткой. Это же касается средств крепления обтекателей. Кроме того, конструкция обтекателя должна быть быстроразъемной, вследствие чего не может быть выполнена в виде жесткой замкнутой (или почти замкнутой) оболочки. Важно также, что статическое и динамическое уравнивание роторов должно осуществляться вместе с обтекателями.

## Пространство для размещения центрифуги

Организация такого помещения требует тщательной подготовки. Как правило, в целях безопасности мощные центрифуги размещают в бункере (приямке), полностью погружая их ниже уровня пола помещения. Основание центрифуги крепится к полу приямка анкерными болтами. Поверхность пола должна быть очень ровной (уклон — не более 2:1000). Существенное влияние на работу центрифуги оказывают аэродинамические потери, связанные с ограниченностью пространства приямка. Может случиться так, что не удастся достичь нормативного ускорения, указанного в документации на центрифугу, из-за нехватки мощности для компенсации этих потерь. Например, даже для наилучшей формы ротора — в виде гладкого диска — без учета дополнительных потерь от приспособлений с образцами и других факторов мощность двигателя, расходуемая на аэродинамические потери, составляет десятки киловатт. Аэродинамическая мощность потерь особенно велика в высокоскоростных центрифугах с большим плечом ротора. К этому добавляется значительный негативный эффект в виде сильного нагрева вращающихся частей центрифуги.

Традиционные следующие варианты размещения центрифуг:

1. Центрифуга устанавливается не в отдельном помещении, а на огражденной площадке. Ротор центрифуги

не имеет собственного жесткого ограждения, пульт управления и регистрирующая аппаратура находятся за ограждением. Такой вариант допустим только для тихоходных центрифуг с максимальной окружной скоростью до 5 м/с.

2. Ротор центрифуги не имеет собственного жесткого ограждения и находится в отдельном помещении здания. Стены помещения имеют защиту от срыва объекта испытаний.

3. Ротор центрифуги закрыт специальным аэродинамическим кожухом или центрифуга находится в специальном приямке.

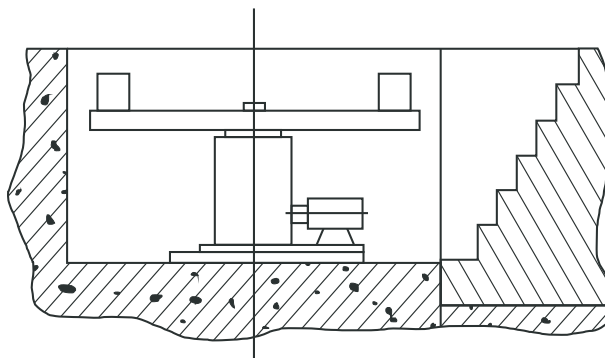


Рис. 3. Размещение центрифуги в приямке

## Структура воздушного потока

Течение воздуха чаще всего бывает турбулентным, отличается завихрениями и срывами пограничного слоя, что вызывает значительные пульсации давления и переменные составляющие сил сопротивления.

Наиболее сложным является случай, когда ротор центрифуги представляет собой балку переменного сечения, помещенную в кожух (камеру) или приямок. Конструкция балки может быть двусторонне-симметричной или несимметричной, что обуславливает существенные различия обтекания. Для снижения турбулентности потока обтекания ротора центрифуги, вращающегося на большом удалении от стенок камеры, возможны различные конструкторские решения. Одно из них, сравнительно просто реализуемое, состоит в установке поперечных перегородок по дугам окружностей (рис. 1), препятствующих радиальному перетеканию воздуха.

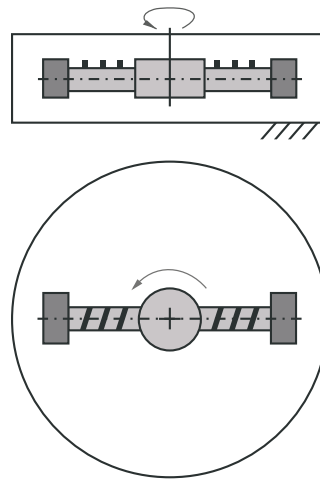



Рис. 4. Размещение поперечных перегородок на роторе центрифуги

## Выводы

Выбор центрифуги следует делать, руководствуясь не только параметрами испытаний, но и анализом конструкции объекта испытаний, оценкой необходимости применения обтекателей и специальных технических решений, снижающих аэродинамическое сопротивление, а также продуманным выбором помещения для размещения оборудования. При выборе конкретной модели желателен запас по мощности, если нет полной уверенности в правильности результатов проведенного анализа. Очень важно максимально сбалансировать ротор и по возможности проверить расчетом скорость вращения, чтобы избежать резонанса.

Материал подготовлен на основе статьи «Аэродинамические потери в испытательных центрифугах» (авторы М. Полищук, А. Попов, И. Челпанов, Е. Чернова), опубликованной в журнале «Современное машиностроение. Наука и образование»



# ИНЖИНИРИНГ

**Компания «Диполь» создает и реализует высокотехнологичные проекты для различных отраслей промышленности, выполняя весь комплекс работ по созданию современного производства «под ключ».**

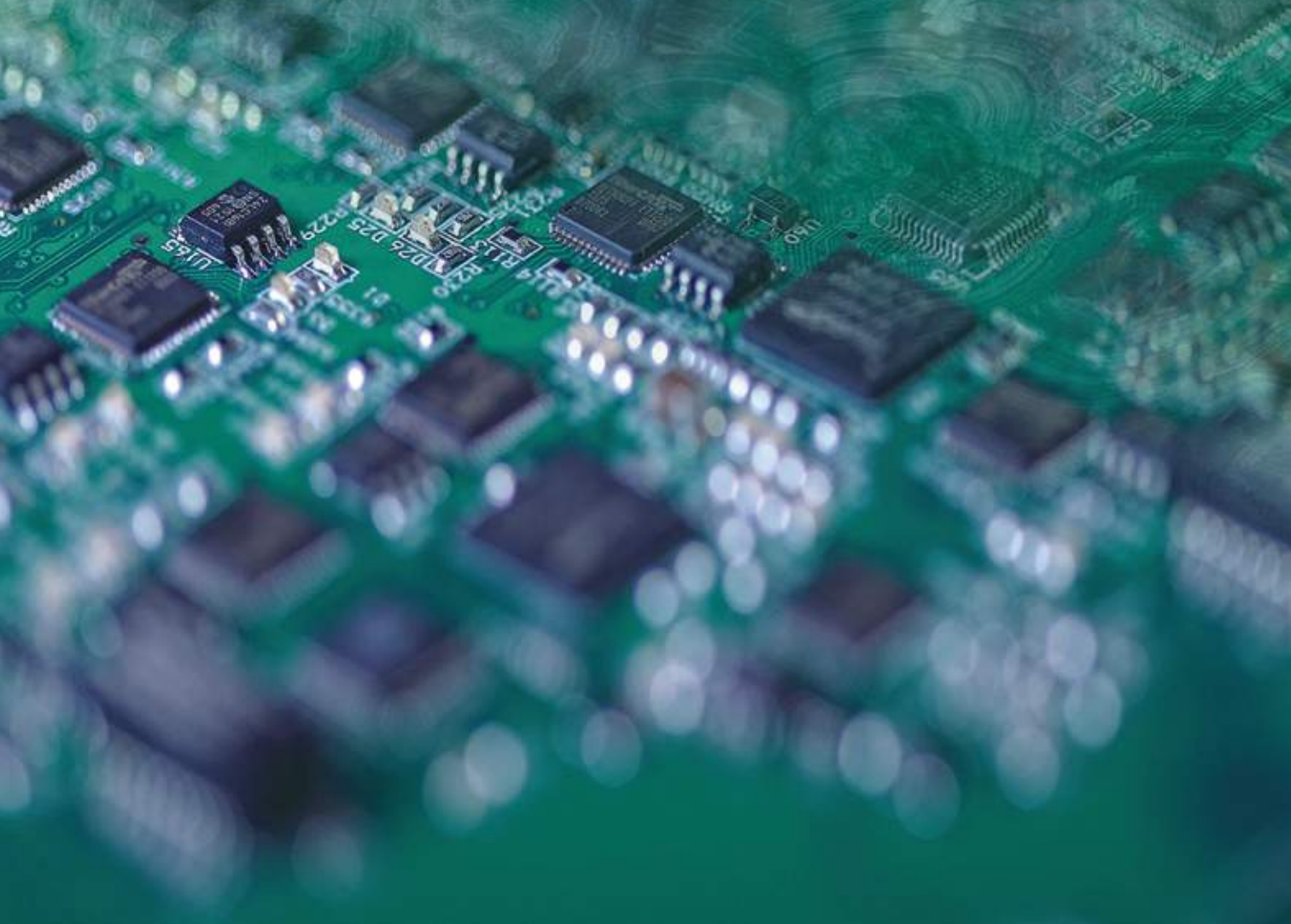
Многофункциональные компактные испытательные системы серии NSG 4070B-X для тестирования устойчивости к кондуктивным и излучаемым электромагнитным помехам.

В рамках этой деятельности осуществляется:

- ✓ Проектирование объекта строительства, включая технологические и инженерные решения;
- ✓ Строительство чистых производственных помещений и инженерной инфраструктуры любой степени сложности;
- ✓ Комплексное строительство новых и реконструкция существующих промышленных предприятий;
- ✓ Модернизация и переоснащение предприятий для соответствия актуальным технологическим требованиям;
- ✓ Ввод в промышленную эксплуатацию предприятий.



# Между Европой и Азией







В рубрике «Заказчик» нашего журнала уже не раз говорилось о предприятиях Уральского региона, которые демонстрируют современную организацию бизнеса, используют новейшее оборудование в производстве и выпускают уникальную продукцию.

Со многими из таких производителей компания «Диполь» поддерживает давние успешные партнерские отношения и, развивая этот успех, недавно открыла собственное представительство в регионе.

#### СЛОВО ИГОРЮ ФРИДМАНУ, РУКОВОДИТЕЛЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ДИПОЛЬ» В ЕКАТЕРИНБУРГЕ:



Региональное представительство ГК «Диполь» в Екатеринбурге появилось в 2016 году, и в настоящее время его коллектив составляют руководитель, координатор, представитель по направлениям «Измерительное и паяльное оборудование» и «Промышленная мебель», представитель и сервисный инженер направления SMT, а также ответственный за склад. Помимо офисного центра, в составе представительства есть склад промышленной и антистатической мебели VIKING. Наш склад, на котором хранятся самые востребованные товарные позиции, позволяет обеспечить оперативную поставку мебели по запросу заказ-

чика. Работа представительства рассчитана на взаимодействие с производителями Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, в том числе мы активно сотрудничаем с предприятиями, входящими в такие корпорации, как «Ростех», «Росатом», «Роскосмос», «Алмаз-Антей», и другими.

Мы работаем не больше двух лет, но наши исследования уже уверенно говорят о том, что благодаря появлению екатеринбургского представительства повысилась узнаваемость бренда «Диполь» в регионах ответственности. Мы знакомим заказчиков с новыми компетенциями компании, продвигаем предло-

жения «Диполь» по комплексному обслуживанию, проводим обучающие семинары и другие маркетинговые мероприятия. И один из безусловных результатов — увеличилась оперативность взаимодействия с предприятиями. Теперь мы можем значительно сократить сроки отклика на заявки заказчиков, временной интервал между центральным офисом и удаленными регионами России (известная ситуация, когда сотрудники просыпаются по московскому времени, а Дальний Восток уже заканчивает свою работу) намного меньше влияет на деловые коммуникации.



Интерьеры екатеринбургского офиса компании «Диполь»



Интерьеры екатеринбургского офиса компании «Диполь»

В будущем мы планируем расширять состав и свои возможности, вводить в штат новых сотрудников по различным направлениям. Безусловно, региональная экспансия, которую развивает компания «Диполь», позволяет участвовать в новых интересных проектах и расширять число заказчиков в регионе присутствия.

Пользуясь случаем, мы хотим подробнее рассказать о некоторых заказчиках «Диполь» — уральских компаниях, занимающих лидирующие позиции в своих сегментах деятельности.



## Инженерная компания «Прософт-Системы»: импортозамещение в действии

С 1995 года инженерная компания «Прософт-Системы» занимает лидирующие позиции на рынке отечественной промышленной автоматизации, зарекомендовав себя надежным партнером крупнейших предприятий энергетической, нефтегазовой и других отраслей как в России, так и за рубежом.

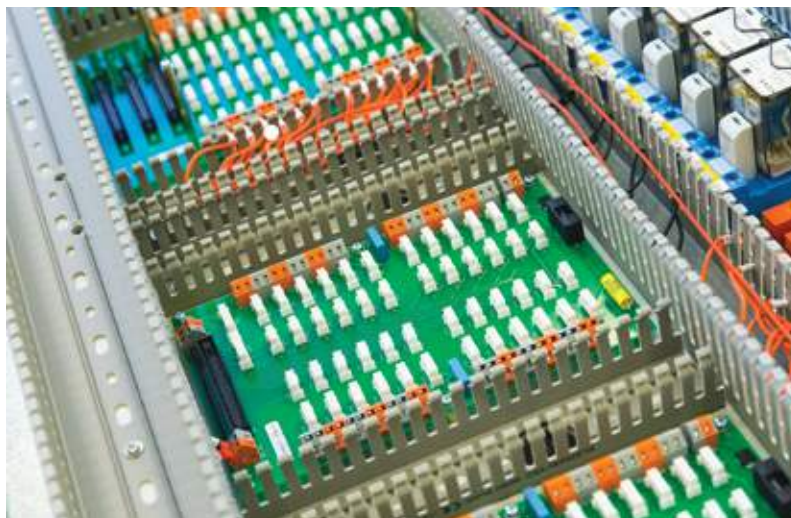
Сегодня компания активно участвует в реализации программы импортозамещения: выводит на рынок новые продукты и комплексные решения, принимает участие в крупнейших стратегически важных проектах и наращивает производственный потенциал.

Помимо головного офиса в Екатеринбурге, филиалы компании расположены в Москве, Беларуси и Узбекистане. В «Прософт-Системы» работают 650 высококвалифицированных инженеров, программистов, проектировщиков, электронщиков, наладчиков, специалистов производственного и административного персонала.

С 2005 года система менеджмента качества ООО «Прософт-Системы» строится в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001. Компания входит в состав главных международных организаций, поддерживающих открытые технологии и стандарты: CIGRE, OPC Foundation, UCA International Users Group, EtherCAT Technology Group и других.



Склад комплектующих на 39 000 адресов (ООО «Прософт-Системы»)



Сборка НКУ (ООО «Прософт-Системы»)



На предприятии большое внимание уделяется организации процесса создания новых продуктов и комплексных решений, ведутся работы по НИОКР. В 2015 году компания «Прософт-Системы» расширила свои производственные мощности за счет открытия нового многофункционального производственного комплекса полного цикла общей площадью 12 тыс. кв. м. В состав комплекса входят:

- цех монтажа печатных плат с автоматизированными линиями поверхностного монтажа печатных плат и селективной пайки выводных элементов;
- участки сборки терминалов и приборов;
- слесарный и электромонтажный цеха;
- участки проведения регулировки и испытаний;
- участки контроля качества на каждом этапе технологического процесса;
- автоматизированные склады комплектующих и готовой продукции.



Сборка шкафа МКПА (ООО «Прософт-Системы»)




Выполнение электромонтажных работ (ООО «Прософт-Системы»)





В составе «Прософт-Системы» имеются также сертифицированные испытательная и поверочная лаборатории. С их помощью компания может собственными силами проводить испытания и поверку выпускаемых изделий, сокращая тем самым их себестоимость и сроки изготовления.

Среди основных видов продукции компании — такие решения, как комплексы автоматизации подстанций и энергосистем, устройства противоаварийной автоматики, приемопередатчики сигналов, программируемые логические контроллеры,




Проверка и пуско-наладочные работы (ООО «Прософт-Системы») 



Автоматизированная линия поверхностного монтажа печатных плат (ООО «Прософт-Системы»)  

цифровые вибродатчики, интеллектуальные системы учета энергоресурсов и другие системы, предназначенные для различных отраслей промышленности, в том числе для энергетической и нефтегазовой.

Мощная инженерная база и собственное производство полного цикла позволяет ООО «Прософт-Системы» не только самостоятельно разрабатывать и выпускать конкурентоспособную продукцию, отвечающую высоким мировым стандартам качества и надежности, но и удовлетворять растущие потребности рынка. 





Цех монтажа печатных плат (ООО «Прософт-Системы»)



Станция рентген-контроля для проверки качества монтажа (ООО «Прософт-Системы»)



Слесарный цех (ООО «Прософт-Системы»)



Готовая продукция (ООО «Прософт-Системы»)

## НПП «Горизонт»: опыт, инновации, современная производственная база



Более четверти века екатеринбургское научно-производственное предприятие ООО «Горизонт» действует на рынке средств автоматизации технологических процессов и оказывает заказчику комплекс услуг по разработке, выпуску и внедрению АСУ; по диспетчеризации и дистанционному контролю автоматизированных систем. Помимо автоматизации стандартных технологических схем, специалисты создают и внедряют оригинальные технические решения в соответствии с индивидуальными требованиями заказчиков.

При разработке проектов АСУ ТП компания «Горизонт» ориентируется на сочетание энергосбережения и энергоэффективности. За 25 лет специалисты предприятия создали и ввели в эксплуатацию свыше 5000 объектов для различных отраслей (нефтедобыча, энергетика, автоматизация технологических и производственных процессов, ЖКХ).

С 1996 года «Горизонт» решает научно-технические задачи, связанные с железнодорожным машиностроением, разрабатывает и производит аппаратуру для тягового подвижного состава (ТПС) ОАО «РЖД», преобразовательную



**Региональная экспансия, которую развивает компания «Диполь», позволяет участвовать в новых интересных проектах и расширять число заказчиков в регионе присутствия**

технику, в частности, тяговые преобразователи, источники вторичного электропитания (ИПЛЭ), преобразователи частоты и инверторы и другое оборудование; комплекты светодиодной техники (светильники кабины машиниста, прожектора, буферные фонари, светильники ходовых огней); системы обеспечения микроклимата кабин и вагонов локомотивов, микропроцессорные системы управления.

НПП ООО «Горизонт» предоставляет заказчику полный цикл услуг — от разработки продукции на основании технико-коммерческого предложения (ТКП) по запросу заказчика или обследования объекта либо участия в разработке технических требований, производства, в том числе нестандартного оборудования с последующим гарантийным сопровождением до постгарантийного обслуживания на всех стадиях жизненного цикла продукции или услуги.



СУПН (станция управления скважиной) — комплект автоматики, позволяющий спроектировать широкий диапазон систем водоснабжения и водоотведения: от простой насосной станции первого подъема до интегрированной в системы АСУ водоснабжения (НПП ООО «Горизонт»)



Станция первого подъема в составе АСУ водоснабжения для бесперебойного автоматического обеспечения населенных пунктов водой (НПП ООО «Горизонт»)



Светодиодные светильники серии Strada для наружного освещения улиц, площадей и дворов, а также железнодорожных платформ (НПП ООО «Горизонт»)



«Уран» — измеритель-регистратор напряжений, предназначенный для измерения и регистрации оцифрованных аналоговых напряжений по 14 каналам (НПП ООО «Горизонт»)

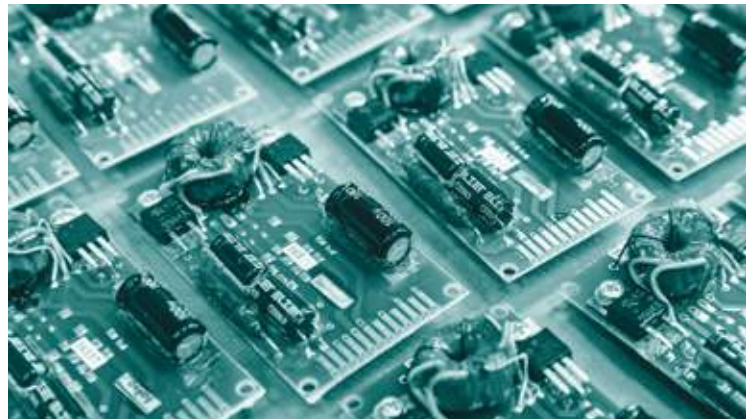


Высококвалифицированные специалисты и современная, постоянно расширяемая производственная база (автоматическая линия поверхностного монтажа, ультразвуковая сварка проводов), контроль качества материалов, опытной и готовой продукции на участке по настройке и испытаниям, а также проверка ОТК после каждого этапа производства позволяют контролировать качество на всех стадиях создания продукции — от проектирования до изготовления деталей и сборки готовых изделий.

Выпускаемая продукция и система менеджмента качества НПП ООО «Горизонт» соответствуют требованиям стандарта ISO 9001:2008.



Станция управления контуром электрообогрева «СУЭ». Входит в состав системы электрообогрева на основе греющего кабеля постоянного сопротивления (НПП ООО «Горизонт»)




## «Порождаем эволюцию»

Именно такой слоган избрала для себя основанная в 1993 году компания BTL.

В настоящее время компания является одним из основных мировых производителей медицинского и эстетического оборудования, специализируясь на трех основных сегментах рынка: физиотерапия, кардиология и эстетическая медицина.

Сегодня более чем в 50 странах мира насчитывается свыше 1500 сотрудников BTL, включая более 200 разработчиков. При этом у компании имеется пять центров разработки новых изделий, одним из которых является екатеринбургский офис. Помимо этого, такие центры расположены в Чехии, Болгарии, Румынии и Индии.

Компания BTL создает и производит оборудование для таких направлений, как кардиология, эстетическая медицина, спирометрия, физиотерапия, контактная диатермия, лазерные технологии, ударно-волновая терапия, средства реабилитации и разработки суставов, аппараты для лимфодренажа. 



Разработчики компании BTL за работой



## Шкафы сухого хранения **VIKING** серии DC

- ◆ Диапазон поддержания влажности 1-50 % с точностью +/- 1 %;
- ◆ Полностью антистатическое исполнение, мобильность, 2 цветовых решения на выбор;
- ◆ 3 изолированных отделения, возможность установки до 6 дополнительных полок в каждое;
- ◆ Удобная система управления с помощью цифровой панели;
- ◆ Светодиодная подсветка внутренних отделений шкафа;
- ◆ Рациональное энергопотребление и низкий уровень шума;
- ◆ Автоматическая функция сигнала открытой двери;
- ◆ Обеспечение класса защиты IP55 от внешних воздействий.



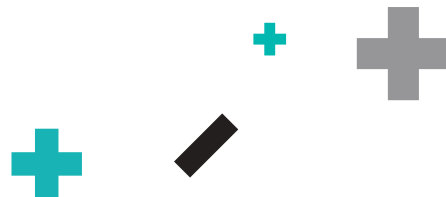
# Без колебания о колебаниях

## Использование ультразвука в процессе отмывки



Успех выполнения процесса отмывки в электронике зависит от огромного количества составляющих. И немалый вклад в положительный результат вносит оборудование. Причиной этого является наличие в оборудовании агитации — воздействия, которое ускоряет и увеличивает эффективность операции отмывки. Основным видом агитации при отмывке погружением является ультразвук. Очень часто в своей практике я вижу принципиально разные отношения к ультразвуку: одни специалисты считают, что ультразвук моет все и это самый лучший вид агитации, другие уверены, что ультразвук портит все и использовать его категорически нельзя. Но, как обычно, истина где-то посередине, и тому, где именно ее искать, и посвящена эта статья.





Начнем с обсуждения того, что же такое ультразвук. Ультразвук — звуковые волны, имеющие частоту выше воспринимаемых человеческим ухом. Обычно, под ультразвуком понимают частоты выше 20 кГц [1]. По физической природе ультразвук представляет собой упругие волны, и в этом он не отличается от звука, а потому частотная граница между звуковыми и УЗ-волнами условна [2].

Главное, что нам надо понять, — ультразвуковые колебания перемещаются в виде волны и, по сути, к ним применимы все те законы, что изучаются в курсе оптики. Но в отличие от световых волн ультразвук распространяется в упругой среде (это в первую очередь жидкости и твердые тела), в вакууме ультразвук не распространяется (так как, по сути, передача ультразвука — это смещение частиц вещества под действием УЗ-излучения, и поскольку в вакууме вещества нет, а в газах его очень мало, то условно считаем, что там ультразвук не распространяется). Колебания, вызываемые источником ультразвука, приводят к смещению среды в направлении, перпендикулярном движению волны (рис. 1).

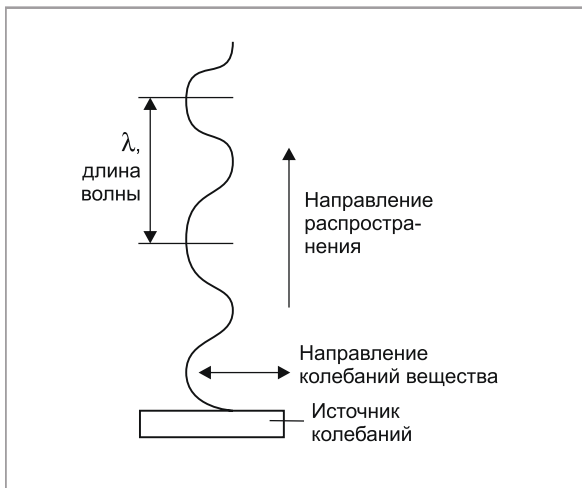


Рис. 1. Смещение среды вследствие колебаний, вызываемых источником ультразвука

Если наполнить ультразвуковую ванночку чистой водой и включить ультразвук, можно сразу увидеть круги, расходящиеся по воде (рис. 2).

В однородной среде ультразвук распространяется прямолинейно и равномерно; на границе двух сред он будет отражаться, преломляться и рассеиваться; а также будет затухать на определенной длине от источника и поглощаться средой, превращаясь в тепло. Также колебания ультразвука могут вызывать резонанс, что становится причиной повреждения кварцевых генераторов, частота которых близка к частоте колебаний ультразвука (а именно часовых кварцев с частотой 32,768 кГц). Тут сразу же хочется оговориться, что частота используемого в целях отмывки ультразвука находится в пределах 25–45 кГц и никак не может вступать в резонанс с мегагерцевыми колебаниями, а все остальные резонаторы, за исключением часовых кварцев, работают именно в мегагерцевом диапазоне). Другими словами, те резонаторы, чья частота далека от 25–45 кГц, никак не повреждаются ультразвуком, если, конечно, их корпус выдерживает отмывку (рис. 3).



Рис. 2. Воздействие ультразвука на воду

Встретив препятствие, ультразвук либо обогнет его (если размеры препятствия существенно меньше длины волны), либо отразится от препятствия (если размеры сопоставимы или больше длины волны). Для частоты 35 кГц длина УЗ-волны в воде составит порядка 4,2 см (вычислено по формуле  $\lambda = c/f$ , при помощи данных о скорости УЗ в воде — 1480 м/с, взятых из [3]). Таким образом, от крупных компонентов, лежащих на дне ванне изделий и т. п. ультразвук будет отражаться, а вот мелкие загрязнения в растворе и мелкие компоненты не станут препятствием для волны, то есть очистка будет происходить и под ними. Из сказанного следует, что для обеспечения прохождения волны нужно помещать изделия в ультразвуковую ванну вертикально, причем категорически нельзя использовать корзины, дно которых закрыто и толщина сетки превышает 5 мм. Кроме того, нельзя класть платы параллельно излучателю (все это относится к большинству оборудования, у которого излучатели располагаются на дне ванны либо сам корпус является резонатором). В противном случае вместо отмычки можно просто испортить свою ванну (рис. 4).

В продолжение разговора о корзинах надо добавить, что «правильная» корзина никогда не стоит на дне ванны, а размещается на ножках на высоте 15–30 мм над дном, причем так, чтобы ножки не попадали на излучатели. Нахождение посторонних предметов на излучателях вызывает избыточный шум, неправильную работу и в конечном итоге портит излучатели.

Так что же происходит в УЗ-ванне? Если говорить простыми словами, то под действием ультразвука частички жидкости двигаются вправо-влево, образуя разрывы, в которых пустота (вакуум), а также пары жидкости и области, где этот разрыв схлопывается с достаточно большой силой. То есть по ходу движения волны в первой фазе, фазе разрыва, жидкость расходится, а во второй фазе при схлопывании возникает локальное повышение давления и температуры. Такое явление называется «кавитация». Кавитационные пузырьки возникают преимущественно в граничных поверхностях между жидкостью и очищаемыми изделиями, так как дефекты поверхности и загрязнения в растворе способствуют разрыву жидкости. И собственно то механическое очищающее действие, которое оказывает ультразвук, осу-

а)



б)



Рис. 3. Воздействие ультразвука на резонаторы:

- а) мегагерцевый резонатор не повреждается ультразвуком;
- б) часовые кварцы могут повреждаться при использовании частоты ультразвука 35 кГц, но не будут повреждаться при 40 или 25 кГц

ществляется по большей части за счет этого явления. Надо понимать, что такое воздействие выражено тем сильнее, чем меньше частота (количество колебаний в единицу времени), поскольку размер пузырька с уменьшением длины волны и увеличением частоты будет значительно сокращаться (он примерно равен  $1/6\pi\lambda^3$  и, значит, при уменьшении длины волны в 2 раза уменьшится в 8 раз).

Описанное явление кавитации происходит только при определенной мощности, которая зависит от частоты ультразвука и применяемой жидкости. Для воды в низкочастотном диапазоне при атмосферном давлении это составляет 300–1000 Вт/л [4]. Сравнивая такие цифры с цифрами из таблицы, можно сделать вывод, что при отмывке электроники

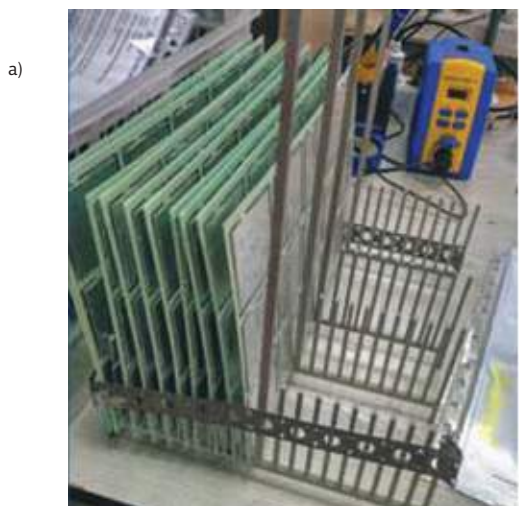


Рис. 4. Помещение изделий в ультразвуковую ванну: а) правильно; б) неправильно

кавитации не происходит. А что же тогда дает эффективную отмывку? Как было отмечено выше, скорость ультразвука в воде достигает 1480 м/с (1,5 км/с!), и если на его пути встречается препятствие, то при огибании возникают акустические течения. Природа акустических течений объясняется законом сохранения импульса. Звуковая волна, проходящая через среду, несет в себе импульс, который постепенно передается частицам среды, вызывая их упорядоченное движение [5]. Такие течения способны «отколотить» препятствие, если оно плохо держится на поверхности и ускорить процесс растворения загрязнений на поверхности. Свой вклад вносит и звуковое давление, создающее периодические импульсы на границе отмывочной среды и препятствия.

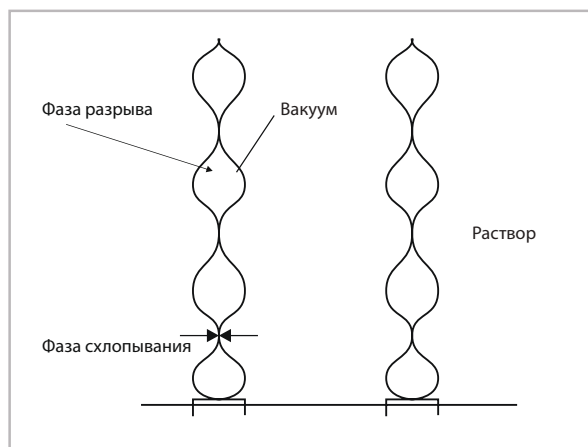


Рис. 5. Фазы разрыва и схлопывания жидкости

Таблица. Зависимость удельной мощности от объема ванны [6]

Объем бака, л	Мощность ультразвука, Вт/л	
	Магнитострикционный преобразователь	Пьезоэлектрический преобразователь
19	66–76	33–38
38	53–68	26,5–29
95 и выше	21–32	10,5–16

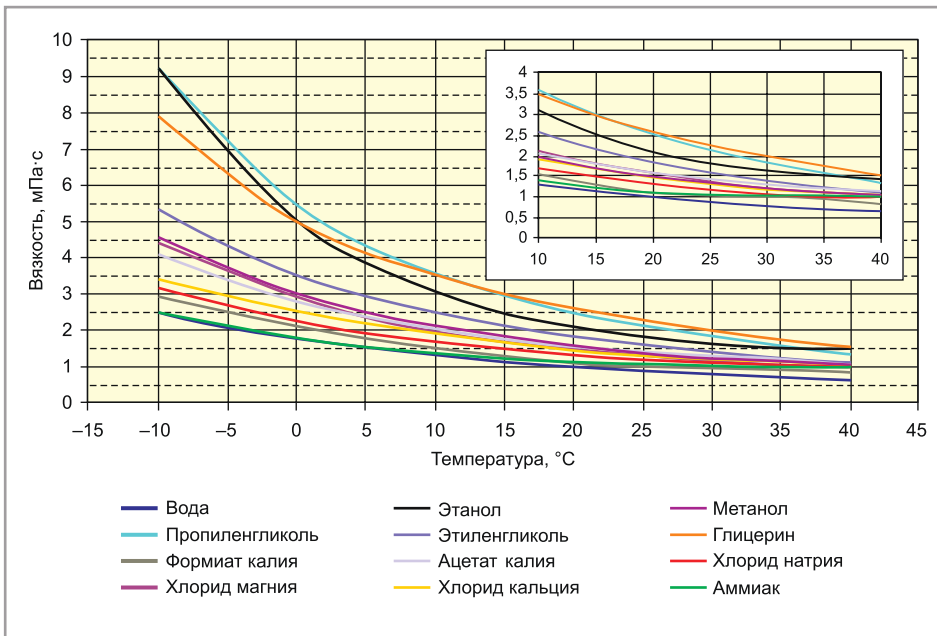


Рис. 6. Зависимость вязкости веществ от температуры

Рекомендуемые для очистки электроники частоты находятся в диапазоне 30–45 кГц (больше не эффективно, меньше слишком разрушительно). Следует также отметить, что нежелательно включать ультразвук совместно с барботажем, поскольку вместо областей вакуума появятся области с воздухом, на сжатие которого будет тратиться механическая энергия. Никакой нормальной очистки при этом не произойдет, а вот перегрев жидкости гарантирован.

Очень часто в рекламе оборудования можно увидеть, что воздух в жидкости мешает работать ультразвуку, поэтому «покупайте у нас оборудование с функцией дегазации». Гнаться за кнопкой Degas не надо, дегазация выполнится сама собой, если мы до начала работы просто включим ванночку с ультразвуком на 10–20 мин.

В стандарте IPC-CN-65 [7] написано, что наибольшая эффективность ультразвука достигается в водных растворах и при температурах +40...+75 °C.

Но объяснения, почему происходит именно так, нет, хотя, на мой взгляд, это примитивно просто. Если вновь мы обратимся к рис. 5 и вспомним, что ультразвук вызывает колебания жидкости и в результате этих колебаний происходит образование и схлопывание полостей, то нам станет понятно, что легче всего раздвигаться и схлопываться будут наиболее плотные и наименее вязкие жидкости. А если обратится к справочникам, можно увидеть, что наиболее плотной и наименее вязкой средой является вода и водные растворы. Для того чтобы понять, почему рекомендуется использовать ультразвук при температурах выше +45 °C, обратимся к рис. 6. Как мы видим, после температуры +40 °C вязкость всех показанных на рисунке веществ падает меньше 1,5 мПа/с, то есть все растворители при такой температуре становятся маловязкими, а плотность их все еще достаточно велика (например, для воды плотность при +20 °C — 999,2 кг/м<sup>3</sup>, а при +50 °C — 988 кг/м<sup>3</sup>).



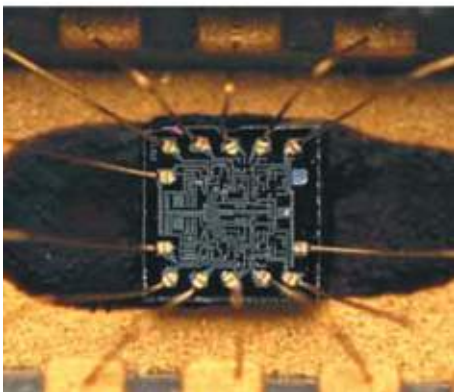
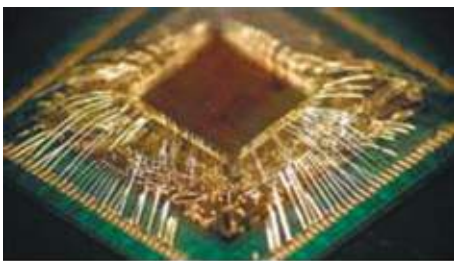


Рис. 7. Разварка кристалла

Также коротко остановимся на мощности ультразвуковой ванны. Обратим внимание, что для разных объемов и разных генераторов есть разные цифры удельной мощности (таблица), и чем больше объем ванны, тем меньше значение мощности в Вт/л, рекомендуемой для отмытки. Это связано с тем, что не вся энергия уходит на создание колебаний в жидкости, и чем больше ванна, тем выше КПД передачи мощности в жидкость.

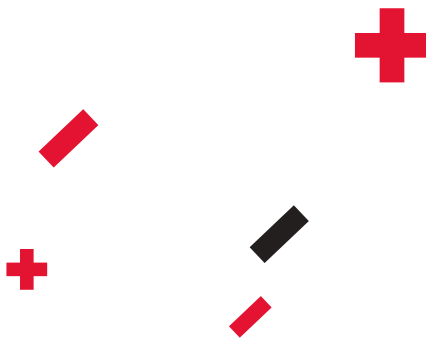
После того как мы сделали небольшой экскурс в физику данного явления, надо бы ответить на вопрос: а что же реально можно повредить ультразвуком и как это проверить?

Следует сразу обозначить ряд элементов, которые могут быть повреждены при отмытке ультразвуком:

- реле (за счет залипания контактов);
- предохранители в стеклянном корпусе;
- часовые кварцы, при использовании частоты 35 кГц;
- «советские» микросхемы в металлическом корпусе.

Что касается последних, именно из-за них бытует мнение, что никакие микросхемы нельзя мыть в ультразвуке, но это совершенно не соответствует действительности. Лет 40 назад «в те далекие времена, когда компьютеры были большими, а программы маленькими», микросхемы делались так: на подложку помещался кристалл, разваривали его золотыми проводками к «ногам» микросхемы и надевали металлический кожух (рис. 7). Именно эти микросхемы боялись и продолжают бояться ультразвука, потому что его вибрации, передаваясь на корпус микросхемы, повреждают эти самые тонкие золотые разварки, действуя на них, подобно пальцам гитариста на струны гитары.

Но с тех пор изменился не только размер компьютеров и программ для них, изменился и подход к корпусированию. Теперь большинство схем, особенно импортного производства, заливается компаундом, делающим разварки неподвижными, а во многих микросхемах исчезли и сами разварки. Поэтому прежде чем начать бояться мыть микросхему в ультразвуке, есть смысл внимательно посмотреть на нее и на ее даташит, в котором, как правило, есть раздел Cleaning — очень рекомендую читать его заранее, в нем бывает много неприятных неожиданностей, связанных отнюдь не только с ультразвуком. Если же остались сомнения, то в стандарте IPC-TM-650 тест 2.6.9.2. [6] описана следующая процедура проверки: налить в УЗ-ванну, работающую на частоте примерно 40 кГц и с мощностью УЗ, как в таблице 1, деионизированную воду (причина



использования воды как тестовой жидкости обсуждалась выше), нагреть до +60 °С, включить ультразвук на примерно 15 мин для дегазации жидкости, затем положить в корзину статистически достоверное количество каждого типа микросхем, устойчивость которых к ультразвуку мы хотим проверить (не забываем, что один и два статистически достоверным количеством не является) и включить ультразвук. Время воздействия ультразвука выбирают как предполагаемое время воздействия в процессе отмытки  $\times 10$ . Другими словами, если мы предполагаем, что время отмытки составит 5 мин, то микросхему помещаем в УЗ-ванну на 50 мин.

По окончании теста вынимаем микросхемы, сушим, осматриваем на предмет визуальных повреждений и проводим функциональный тест. По результатам теста и принимается решение о том, что «мыть или не мыть».

#### Список использованной литературы

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ультразвук>
2. Физический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1983.
3. Балдев Радж, В.Раджендран, П.Паланичами. Применения ультразвука.-Москва.:Техносфера, 2006.
4. Медведев А.М. «Ультразвуковая очистка. Теория и практика»,«Схемотехника», № 9, 2001
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Акустические\\_течения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Акустические_течения)
6. IPC-TM-650 Руководство по методам тестирования, тест на устойчивость компонентов к ультразвуку <http://www.ipc.org/TM/2.6.9.2.pdf>
7. IPC-CN-65 Руководство по очистке печатных плат и сборок, 2011



## Установка ультразвукового спрей-нанесения фоторезиста Eхаста Coat:

- ✓ Равномерное нанесение фоторезиста на подложки с рельефом и отверстиями
- ✓ Работа с подложками любых форм и размеров, рабочая область до 400×400 мм
- ✓ Возможность работы с партией подложек: 60×48 мм, 2", 3", 4", 6"
- ✓ Высокая эффективность использования фоторезиста, более 95%
- ✓ Различные по производительности варианты подачи фоторезиста
- ✓ Автоматическая очистка ультразвуковой головки

# За щитом или на щите

**Международный уровень современных методов  
и средств антистатической защиты**












Анатолий Кривов,  
заместитель директора АО «НПФ «Диполь»,  
председатель ТК по стандартизации  
ТК 072 «Электростатика», д. т.н., профессор  
ask@dipaul.ru

На рубеже XX и XXI столетий один из самых первых разделов науки об электричестве — электростатика — переживает подлинное возрождение и активное развитие. Одновременно с развитием интеллектуальных технологий также возникают проблемы, связанные с их внедрением. Настоящей угрозой для развития ИТ стали электростатические явления техногенного и природного происхождения. Чувствительность электроники к воздействию электростатических разрядов — одна из основных технологических угроз качеству и надежности аппаратуры. В последние десятилетия порог напряжения одиночного импульса, выводящего из строя электронные компоненты, упал с 1000–2000 В до сотен и даже десятков. Достаточно сопоставить эти величины с электрическим


потенциалом человека в обычных условиях производства (до полутора-двух тыс. вольт), чтобы оценить масштаб проблемы. При этом воздействия чаще всего носят непредсказуемый характер. Внешняя простота классических представлений о природе электростатических явлений не должна вводить в заблуждение специалистов. Предсказать изменение электростатической обстановки, чтобы спланировать эффективный план антистатической защиты для реальной ситуации, даже на уровне сегодняшних возможностей науки, удастся далеко не всегда. Причина — в сильной изменчивости электростатических явлений и их зависимости от большого количества факторов, формализовать и оценить которые на практике просто невозможно.



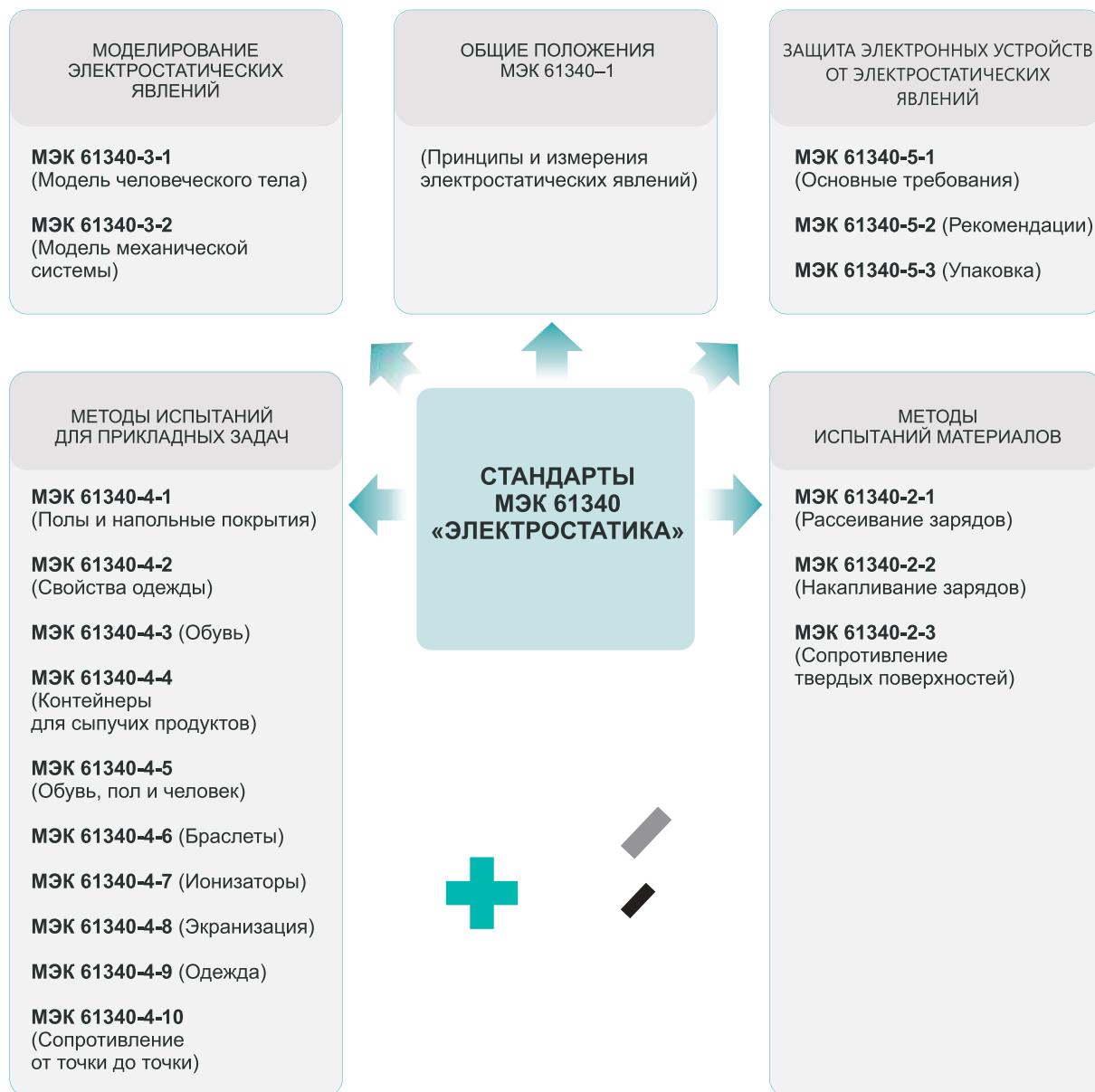
Проблемы антистатической защиты касаются всех изготовителей электронных компонентов и предприятий, которые их применяют для производства и эксплуатации аппаратуры. Поэтому вначале на уровне отдельных стран, а затем и в международном экспертном сообществе сформировались группы специалистов, приступивших к выработке единой методологии борьбы с технологическими проблемами антистатической защиты. В 1996 г. был образован технический комитет по электростатике в МЭК — Международной электротехнической комиссии (TC 101 Electrostatics). Сейчас это одна из наиболее известных площадок совместной работы экспертов в области защиты электронных устройств от электростатических явлений. Технический комитет объединяет представителей консалтинговых компаний, крупнейших изготовителей электроники, поставщиков средств антистатической защиты и национальных институтов по стандартизации из двадцати стран. Все эксперты делегированы национальными органами по стандартизации. Как правило, каждая страна-участник имеет собственный «зеркальный» национальный технический комитет по электростатике. В России им является Технический комитет по стандартизации ТК 072 «Электростатика» ([www.antistatika.ru](http://www.antistatika.ru)), который должен регулировать работы по национальной стандартизации для обеспечения требуемого уровня гармонизации с современными международными стандартами.



Работы в техническом комитете МЭК ведутся практически непрерывно. В зависимости от интересов и текущих задач международные эксперты объединяются в рабочие группы по направлениям и команды по разработкам отдельных стандартов. Планово в течение года эти объединения специалистов разрабатывают новые редакции стандартов, вносят изменения в действующие редакции, готовят предложения по продлению сроков действия. Эффективность работы обеспечивается жестким регламентом, действующим в МЭК. Раз в год эксперты TC 101 Electrostatics собираются на пленарное заседание, сверяя в очной дискуссии свои позиции и определяя наиболее актуальные задачи. На таких встречах принимаются решения о переходе на новые стадии разработки стандартов, дается старт новым проектам, обсуждается и уточняется стратегический бизнес-план технического комитета.



Десятки тысяч специалистов предприятий электроники и приборостроения выполняют разнообразные задачи по антистатической защите: от задания общих требований к производству до контроля состояния индивидуальных средств защиты. Их опыт и приобретенные знания являются основой для разработки решений сложных технологических проблем, связанных с антистатической защитой производств современной электроники. Технический комитет МЭК обеспечивает трансфер практических идей и выводов по результатам экспериментов в требования стандартов по электростатике.



Структура стандартов Международной электротехнической комиссии серии МЭК 61340

За прошедшие двадцать лет международные эксперты сформировали общий подход к организации и выполнению работ по антистатической защите электроники. Он предусматривает комплекс работ на предприятии по управлению электростатической обстановкой. Специально обученный персонал анализирует угрозы воздействия электростатических явлений на конкретных участках производства определенных типов продукции, предупреждает участников производства, планирует и реализует оптимальные методы и средства защиты. Основной акцент делается на недопущение условий возникновения опасных электростатических разрядов. Предупреждение об опасности — одно из обязательных условий эффективной защиты.

Современный подход к антистатической защите электроники вписывается в общую схему стандартизации в области электростатики. Система международных стандартов по электростатике IEC 61340 включает пять групп документов:

1. Общие положения.
2. Методы испытаний материалов.
3. Методы моделирования электростатических явлений.
4. Методы испытаний для прикладных задач.
5. Защита электронных устройств от электростатических явлений.

На интернет-портале МЭК доступно 23 опубликованных стандарта в области электростатики. Большинство стандартов регулярно пересматриваются с учетом новых задач по антистатической защите и новых технологий и сейчас представлены вторыми изданиями, принятыми после 2010 г. Председателем ТС 101 является известный специалист из Великобритании Пол Худсток, секретарем комитета — Хартмут Берндт (Германия). В рамках комитета создана постоянно действующая рабочая группа WG5 по защите электроники от статического электричества, команды по новым проектам и по пересмотру действующих стандартов. ТС 101 взаимодействует с другими техническими комитетами МЭК и участвует в разработке новых документов по электромагнитной совместимости, требованиям к материалам, электростатической безопасности, когда требуется углубленный анализ электростатических явлений. Эксперты, участвующие в работе ТС 101, работают на безвозмездной основе.

Деятельность технического комитета ТС 101 имеет определяющее значение для развития национальной стандартизации в большинстве стран. В соответствии с Федеральным законом «О стандартизации» и общими требованиями к деятельности технических комитетов по стандартизации в РФ одной из основных целей разработки национальных стандартов является их гармонизация с международными документами. Поэтому российский технический комитет по стандартизации ТК 072 «Электростатика» с самого начала своей рабо-



Заседание технического комитета ТС 101 в Вене



ты в 2009 г. взял курс на тесное сотрудничество с МЭК. К настоящему времени все стандарты по электростатической защите электронных устройств, по методам испытаний материалов и средств защиты внедрены в виде национальных и межгосударственных стандартов. Для того чтобы отечественные предприятия обеспечивали безотказность и качество электронной продукции на высоком уровне, отечественные эксперты активно участвуют в пересмотре стандартов и разработке новых проектов. Начиная с 2010 г. отечественные эксперты

Дмитрий Трегубов, Софья Честникова и Анатолий Кривов принимают активное участие в работе технического комитета МЭК. Признанием их вклада в общую работу является организация и проведение в 2013 г. пленарного заседания ТС 101 МЭК в Санкт-Петербурге.

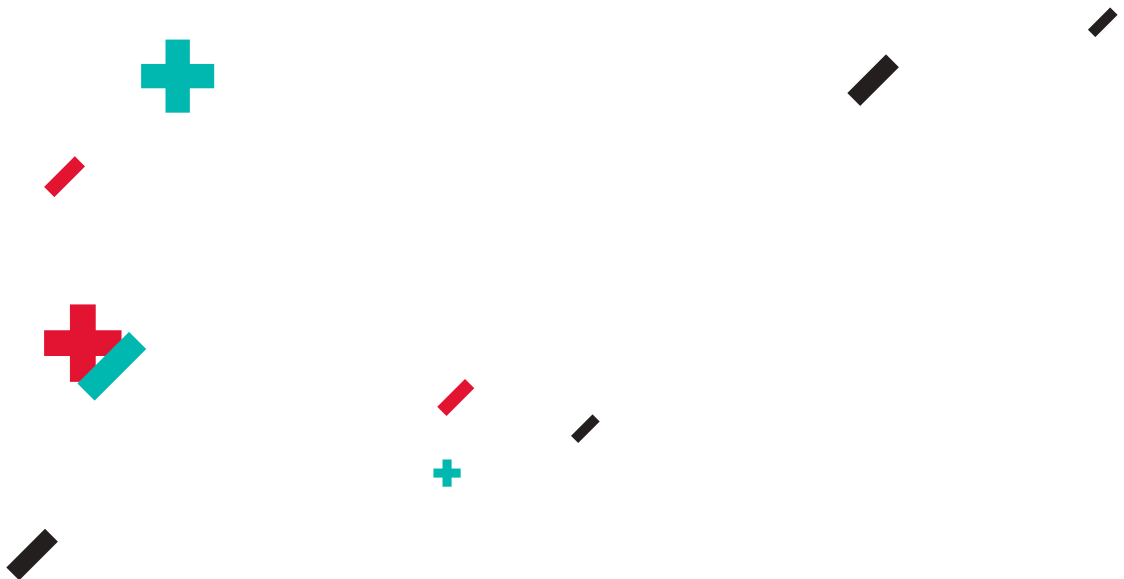
Работы по пересмотру стандартов и разработке новых документов активно продолжаются и затрагивают все группы стандартов. В 2016 г. на пленарном заседании технического комитета было принято решение о формировании еще одной группы стандартов в области электростатики — МЭК 61340-6, посвященной электростатическому контролю в медицинских учреждениях. В сферу деятельности специалистов ТС 101 попали вопросы электростатики в здравоохранении. Кроме указанного направления, в активной стадии разработки находятся новые стандарты МЭК 61340-5-4 по методам проверки соответствия электростатической обстановки в производственных условиях, МЭК 61340-5-5 по требованиям к специальной упаковке на электронных производствах. Одновременно дорабатываются и пересматриваются действующие стандарты.

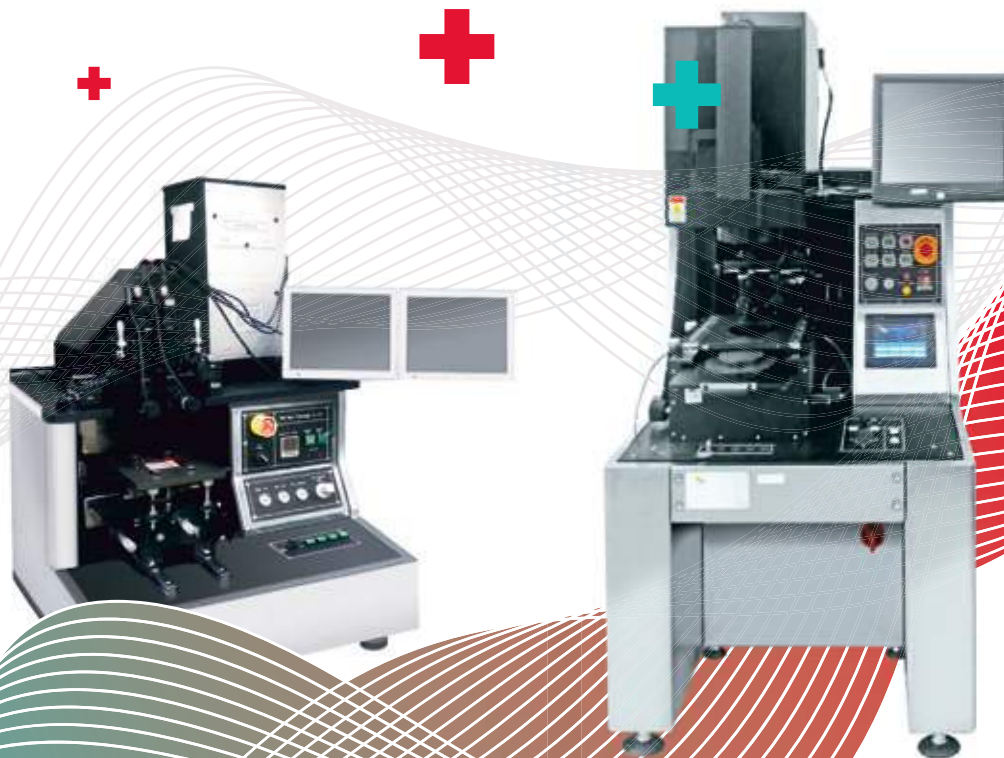
Стратегический бизнес-план технического комитета ТС 101 МЭК, принятый на прошедшем в 2017 г. пленарном заседании, содержит анализ тенденций в области электроники, производственной безопасности, торговли, здравоохранения и технологий, связанных с задачами антистатической защиты. Он показывает ожидаемый рост внимания к этой области стандартизации в ближайшие годы. В 2017 г. Росстандарт провел реформирование национального технического комитета по стандартизации ТК 072 «Электростатика». Это придало новый импульс развитию деятельности по организационным, методическим и техническим основам антистатической защиты. На повестке дня несколько актуальных направлений. Прежде всего, это реализация положений новых международных стандартов в виде национальных и межгосударственных стандартов. Не менее актуальным является решение специальных задач антистатической защиты на производствах отдельных отраслей экономики. Развитие нормативных требований будет происходить на базе постоянно совершенствующейся серии стандартов IEC 61340 Международной электротехнической комиссии.



Электростатика — раздел учения об электричестве, изучающий взаимодействие неподвижных электрических зарядов. Это обширная область теоретических и практических знаний о применении физических закономерностей в технологических целях и целях защиты людей и технических устройств от последствий электростатических явлений. Загадочность и изящная наглядность электростатических явлений в природе и технике всегда привлекали к ним внимание широких масс людей и ученых. Основные открытия в области электростатики связаны с именами таких выдающихся ученых XIX в., как Б. Франклин, Ш. Кулон, К. Гаусс, М. Фарадей и др. Эти открытия не потеряли своей практической ценности до настоящего времени.

Международная электротехническая комиссия (International Electrotechnical Commission, IEC) — некоммерческая организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий. МЭК составлена из представителей национальных служб стандартизации. Основана в 1906 г., и в настоящее время в ее состав на правах полноправных и ассоциированных членов входят 83 страны. В составе МЭК работают 104 технических комитета и 99 подкомитетов. В 1938 г. МЭК впервые издал международный словарь с целью объединить электрическую терминологию. Стандарты МЭК имеют номера в диапазоне 60 000–79 999. Часть стандартов развивается совместно с Международной организацией по стандартизации и имеет названия вида ISO/IEC. Общее количество стандартов МЭК — более 7000. В 60–70-е годы начался новый этап развития МЭК, связанный с развитием новых технологий лазерной техники, сверхпроводимости, промышленной электроники, радиочастотной связи и других направлений. С этого момента деятельность МЭК основана на прогнозах мировой экономики и технологического развития. 





AG500-4N-SLC/-6N-SLC

AG500-4N-ST/-6N-ST

## **Ручные и полуавтоматические установки совмещения-экспонирования серии AG500**

- ✓ Оптимальное решение для пластин 60×48 мм и полупроводников 2"-6" при разрешении до < 0,8 мкм ;
- ✓ Универсальная оснастка для образцов и шаблонов;
- ✓ Автоматическое выравнивание образца параллельно шаблону;
- ✓ Удобство работы оператора: моторизованная видеосистема и джойстик (для версии - ST);
- ✓ Массивное основание для защиты от вибраций (для версии - ST);
- ✓ Низкая цена и стоимость эксплуатации.

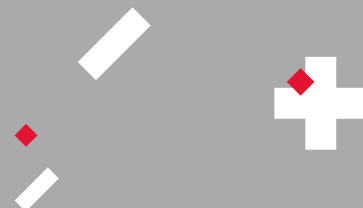
# Международное признание

**Компания «Диполь» в очередной раз подтвердила свои полномочия в области поверки и калибровки**



Даниэль Фернандес  
руководитель  
направления метрологических услуг  
fernandezD@dipaul.ru

Метрологическая служба компании «Диполь», приступившая к работе в 2013 году, для получения права на осуществление поверки и калибровки средств измерений (СИ) прошла официальную аккредитацию в Федеральной службе по аккредитации (Росаккредитация) и получила аттестат с соответствующими приложениями (области аккредитации). В рамках контроля Росаккредитацией уполномоченные организации обязаны регулярно подтверждать свои компетенции, что в 2018 году в очередной раз и сделала компания «Диполь». Помимо аккредитации на поверку средств измерений, в 2015 году метрологическая служба «Диполь» была аккредитована на калибровку СИ — это наложило дополнительные обязательства на компанию и ужесточило процедуру подтверждения компетентности по сравнению с аттестацией, предусмотренной Российской системой калибровки (РСК).



Калибровка в системе Росаккредитации имеет международное признание в ИЛАК (International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC — Международная организация по аккредитации лабораторий) и, по сути, является полноценным исследованием СИ. Более широкий по сравнению с РСК диапазон возможностей калибровки в системе Росаккредитации позволяет повысить точность измерений на производстве с поддержанием требуемого качества выпускаемой продукции.

Полномочия, полученные от Росаккредитации, позволили компании «Диполь» оказаться в авангарде немногочисленных российских предприятий, осуществляющих калибровку в соответствии с международными регламентами.



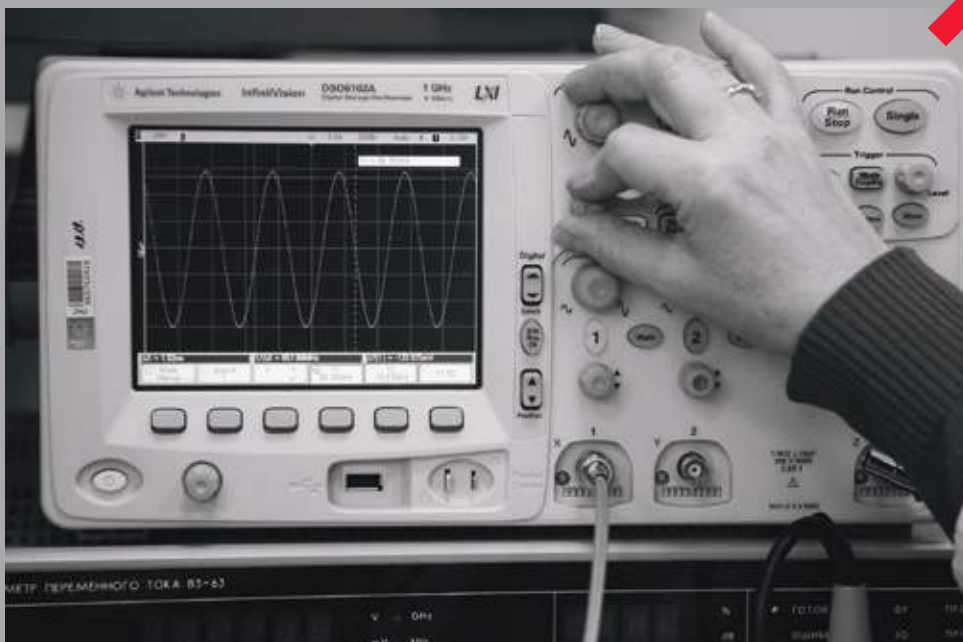


РСК, возникшая на постсоветском пространстве, учитывает специфику созданной еще в Советском Союзе системы метрологического обеспечения и характеризуется простотой и удобством работы как для исполнителя поверки и калибровки, так и для потребителя этих услуг. Калибровка в РСК позволяет решить проблему, связанную с необходимостью проведения мониторинга измерений по системе качества ИСО 9001, когда дата выпуска прибора не указана в сроках действия описания типа прибора (проведение поверки в данном случае невозможно). В этой ситуации калибровка может быть выполнена по методике поверки, чтобы сократить затраты на разработку методики калибровки.

В настоящее время не все специалисты понимают разницу между поверкой и калибровкой, погрешностью и неопределенностью. Но благодаря последним тенден-

циям и событиям (речь идет в том числе о международном признании калибровки в системе Росаккредитации) компетенции профессионалов отрасли расширяются, и есть все предпосылки к росту популярности калибровки в системе Росаккредитации.

Упоминая различия двух систем, необходимо уточнить, что РСК — это не аккредитация, а скорее регистрация в реестре уполномоченных организаций. В свою очередь, аккредитация на поверку в Росаккредитации позволяет зарегистрироваться в РСК с правом осуществления калибровки в системе РСК. Аккредитация на право калибровки в системе Росаккредитации — сложный путь, не только необходимый для получения международного признания и ряда других преимуществ, но и одновременно повышающий степень ответственности и вызывающий дополнительные расходы.



Не так давно национальная система аккредитации (Росаккредитация) получила международное признание. 29 октября 2017 года в Ванкувере (Канада) в рамках Генеральной ассамблеи Международного форума по аккредитации (IAF) и Международной организации по аккредитации лабораторий (ILAC) объявлено о присоединении Федеральной службы по аккредитации к Договоренности о взаимном признании Международной организации по аккредитации лабораторий (ILAC MRA).

В ходе официальной церемонии руководителю Росаккредитации Алексею Херсонцеву передана подписанная им и Председателем ILAC Мэри Малмквист Нилсон Договоренность о взаимном признании Международной организации по аккредитации лабораторий в области испытаний и калибровки (ISO/IEC 17025).

Вступление Росаккредитации как полноправного члена в Международную организацию по аккредитации лабораторий, глобальную международную организацию по аккредитации, стало следствием официального присоединения Росаккредитации к Договоренности о взаимном признании Азиатско-Тихоокеанской организации по аккредитации лабораторий (APLAC MRA).


Таким образом, Росаккредитация реализовала п. 3 Плана мероприятий («дорожной карты») по обеспечению международной интеграции Национальной системы аккредитации, разработанного во исполнение Поручения Правительства Российской Федерации от 19 февраля 2015 года. Это один из основных этапов осуществления приоритетного проекта «Системные меры развития международной кооперации и экспорта».



Организация ИЛАК создана в 1977 году для развития международного сотрудничества в целях содействия развитию торговли путем равноправного признания результатов калибровочных испытаний.

В 1996 году ИЛАК получила официальный статус организации со своим уставом, главной целью которой является установление связей между органами по аккредитации по всему миру. Соглашение ИЛАК — это результат многолетней напряженной работы.

2 ноября 2000 года в Вашингтоне 36 органов по аккредитации из 28 стран подписали Соглашение о взаимном признании ИЛАК (в настоящее время — 80 органов по аккредитации из 64 стран), вступившее в силу 31 января 2001 года. Соглашение ИЛАК помогает развитию международной торговой системы путем признания результатов испытаний и калибровки, полученных в лабораториях разных стран. Аккредитация позволяет принять осознанное решение при выборе лаборатории, поскольку аккредитация демонстрирует ее компетентность, беспристрастность и возможности.

ИЛАК способствует разработке и гармонизации процедур аккредитации и многосторонних договоренностей среди регулирующих ведомств и органов, поддерживает развивающиеся системы аккредитации, основываясь на взаимной оценке и принятии системы аккредитации каждой из стран. 



## Паяльник с регулировкой температуры Nakko FX-600 (36В)

Диапазон рабочей температуры 200-500 °С.  
Большой выбор наконечников, малый вес и габариты паяльника позволяют осуществлять пайку с различными видами компонентов. Используется для проведения самых разнообразных паяльных работ, в т.ч. при пайке электронных деталей и микросхем.

- ✓ Универсальный уровень мощности (50 Вт).
- ✓ Процедура управления рабочей температурой паяльника осуществляется простым поворотом ручки (расположена на рукоятке).
- ✓ Имеется возможность фиксации температуры с помощью специального ключа.
- ✓ Индикатор состояния установки температуры.
- ✓ Надежный керамический нагревательный элемент длительного срока службы.
- ✓ Тепловая защита предохраняет рукоятку инструмента от перегрева.
- ✓ Эргономичная и облегченная рукоятка из легкой пластмассы обеспечивает удобную работу.
- ✓ Стабильность температуры  $\pm 1$  °С

# НЕ ПО ТРАФАРЕТУ

**МУ700: одна универсальная платформа,  
вдвое больше возможностей**





С какими бы проблемами ни сталкивалось ваше производство, будь то уменьшение серий выпускаемых изделий, повышение требований к качеству или необходимость снижения издержек, новейшая платформа MY700 является наиболее эффективным решением для создания электроники будущего.



Дмитрий Иванов,  
коммерческий директор  
АО «Диполь Технологии»  
ivanov@dipaul.ru

Трафаретная печать долгие годы являлась основным решением для нанесения материалов в технологии поверхностного монтажа. Но в современных реалиях, когда размеры партий сокращаются и значительно возросла сложность элементной базы, возникающие при сборке электроники дефекты создают серьезную проблему. Добавьте к этому узкие места, связанные с низкой эффективностью использования оборудования, которая вызвана ужесточением требований к технологии нанесения материалов, и становится как никогда очевидно: развитие традиционных методов нанесения материалов, таких как трафаретная печать и дозирование, достигло предела возможностей.

Избежать многих перечисленных проблем помогают новые технологии. Их использование дало платформе MY700 ряд преимуществ, речь о которых пойдет далее.

## Повышение качества и эффективности для любого изделия

Являясь альтернативой трафаретной печати, капле-струйная технология позволяет мгновенно реагировать на потребности заказчика или любые изменения в дизайне изделия с сохранением высочайшей точности нанесения материалов и необходимого объема паяльной пасты для каждой контактной площадки. В качестве дополнительной технологии на крупносерийном производстве, где преимущественно используются трафаретные принтеры, капле-струйная печать позволяет выполнять периодически появляющиеся мелкосерийные заказы, решать сложные нестандартные задачи по нанесению материалов, работать с прототипами. Тем самым значительно повышается коэффициент использования основной скоростной линии. При этом можно забыть о дополнительных технологических операциях, связанных с нанесением адгезивов, — MY700 значительно ускоряет этот процесс. Причем и нанесение пасты, и нанесение адгезива реализованы в одной компактной машине.

## Высокоточная и высокоскоростная вдвоенная дозирующая головка

Ключом к значительному увеличению эффективности является вдвоенная бесконтактная дозирующая головка, которая перемещается над печатной платой с ускорением до 3G. Перемещение контролируется интеллектуальным ПО и высокоточными оптическими энкодерами. При скорости нанесения более 1 000 000 доз в час, вдвоенная дозирующая головка может использоваться для нанесения широчайшего спектра доз, различающихся по объему, при работе как с самыми малыми контактными площадками, так и с самыми большими. Пользователь

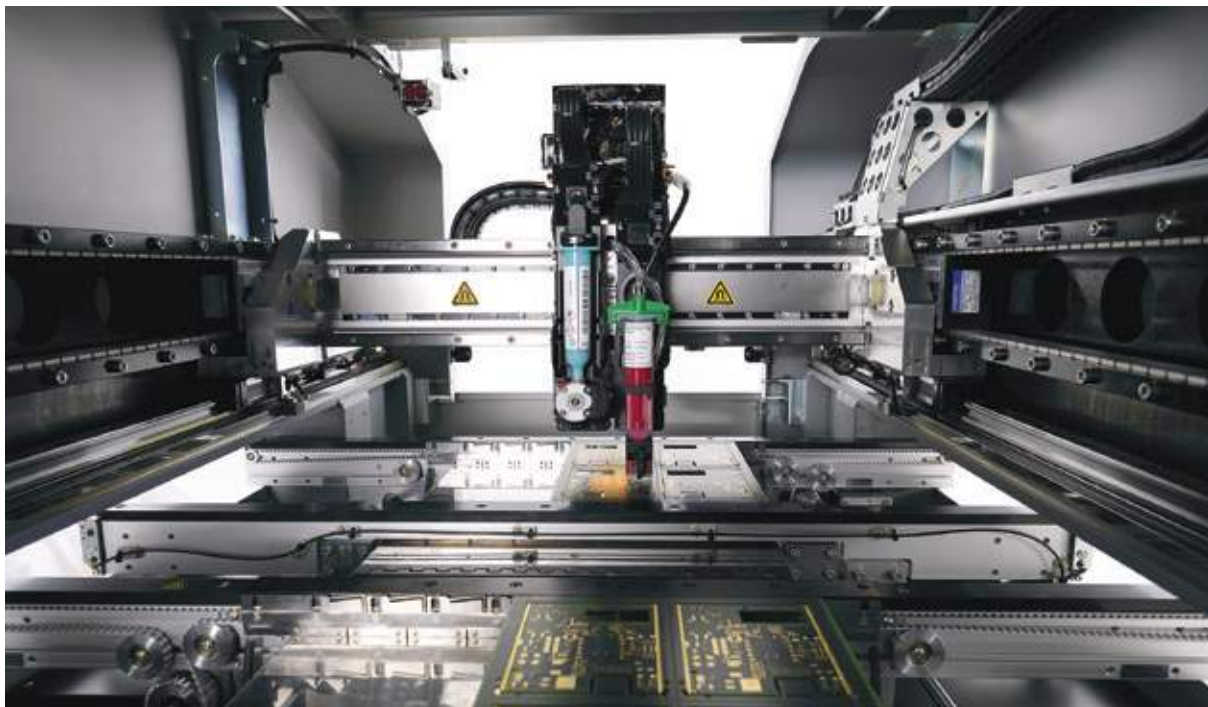
может выбрать один из нескольких вариантов оснащения платформы MY700: две головки для нанесения паяльной пасты; одна головка для пасты и одна для адгезива; две головки для нанесения только адгезива. Как и в предыдущих моделях, существует возможность нанесения материалов в углубления на печатной плате, реализована поддержка технологий pin-in-paste, package-on-package. При выборе любой конфигурации можно получить широчайший спектр возможностей для выполнения самых сложных производственных задач.

## Двойной конвейер для увеличения производительности

Благодаря двойному конвейеру и опциональной увеличенной зоне буферизации, следующая печатная плата находится в позиции нанесения уже в то время, когда заканчивается работа с предыдущей. Данная технология снижает потери на транспортировку плат до минимума. В сочетании с высокоскоростной системой поиска реперных знаков «на лету» и лазерным измерением плоскостности платы, такая печать позволяет достичь кратчайшего времени производственного цикла за всю историю существования каплеструйной технологии.

## Эргономичный компактный дизайн

Все вышеуказанные возможности платформы MY700 теперь реализованы в гораздо более компактном корпусе. Сократившаяся на 30% ширина экономит место на производственном участке, а удобные двусторонние кожухи позволяют без проблем проводить техническое обслуживание. Также на 20% снизился вес установки.



# Одна инновационная платформа. Три высокоскоростных модели

## MY700JX — комбинация каплеструйного принтера и каплеструйного дозатора

Теперь нет необходимости использования и трафаретного принтера для нанесения паяльной пасты, и дозатора для нанесения клея и других материалов. MY700JX обеспечивает оба технологических процесса с высочайшим качеством и скоростью, позволяя справляться

с самыми сложными производственными задачами. На сегодня не существует более удобной технологии для нанесения широкого спектра различных материалов в условиях многономенклатурных производств, при работе с прототипами, новыми типами компонентов и так далее.

## MY700JP — каплеструйный принтер для нанесения паяльной пасты

Каплеструйный принтер MY700 обеспечивает нанесение оптимального объема паяльной пасты для каждой контактной площадки без каких-либо компромиссов, которые так характерны для печати через

трафарет. Теперь есть возможность использовать комбинацию обычного и прецизионного эжекторов, что позволяет работать с компонентами любых размеров: от миниатюрных до самых больших.

## MY700JD — каплеструйный дозатор для широкого спектра применения

MY700JD является наиболее быстрым и точным каплеструйным дозатором на рынке. Он способен работать с большим количеством различных материалов: адгезивы, UV-материалы, компаунды, гели и так далее. При использовании двойной дозирующей головки появляется возможность нанесения двух различных материалов за один цикл, что значительно ускоряет производственный процесс.



## Интеллектуальное программное обеспечение для максимальной степени автоматизации

### Полностью программно-управляемая платформа

Интеллектуальное программное обеспечение MY700 позволяет осуществить программирование за считанные минуты, а переналадку на новое изделие — практически мгновенно. Требуется только загрузить данные, указать машине, куда наносить материал, при необходимости отредактировать объем и форму нанесения, после чего нажать кнопку «Старт». Всю остальную работу, включая самокалибровку, проверку платы на коробление, температуру и срок годности пасты, а также последующую проверку качества нанесения, MY700 выполнит сама.

### Новые программные возможности


Благодаря новой функции балансировки нескольких установок в линии, возможно использование двух и более MY700 с автоматически оптимизированными параметрами процесса, что гарантирует максимальную эффективность использования оборудования.



Каплетруйный принтер MY700 в составе сборочно-монтажной линии

### Выводы

SMT-технология усложняется с каждым днем. Более плотный монтаж, миниатюризация элементной базы, внедрение в производство новых изделий, непостоянный производственный график являются сегодня насущными проблемами и напрямую влияют на эффективность всего сборочно-монтажного процесса. И все то, что мы

сейчас наблюдаем, — это только начало глобальных изменений технологических процессов, во главе которых более чем пятнадцать лет находится компания MYCRONIC. Гибкая и точная система каплетруйной печати и дозирования MY700 — очередное подтверждение этому. 





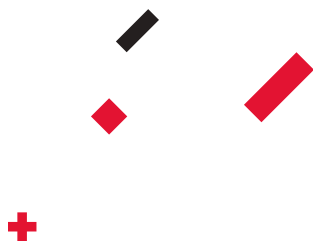
## Генераторы сигналов Keysight Technologies серии 33600A со склада «Диполь»

✓ Уникальная технология Trueform

- ✓ уровень гармонических искажений в 5 раз ниже, чем у аналогичных приборов.
- ✓ Уровень джиттера составляет менее 1 пс.
- ✓ Амплитуда выходного сигнала - от 1 мВ до 10 В (размах) с разрешением 14 бит.
- ✓ Частота дискретизации до 1 Гвыб./с обеспечивает высокое разрешение по времени для сигналов произвольной формы.
- ✓ Объем памяти сигналов произвольной формы: 4 Мточек на канал в стандартной комплектации с возможностью расширения до 64 Мточек на канал.

# И тебя посчитал

Взаимодействие базы данных MYCenter МН с внешней информационной системой предприятия

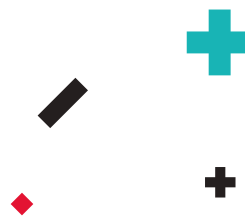


Геннадий Мартынов,  
руководитель  
направления системной интеграции  
Gennadiy.Martynov@dipaul.ru

Статья посвящена вопросам разработки системы интеграции между учетной системой предприятия, хранящей информацию об используемых в производстве компонентах и материалах, и базой данных оборудования поверхностного монтажа MYCRONIC с целью автоматического поддержания актуального количества компонентов в основной базе предприятия. Создание подобного взаимодействия позволяет получать актуальные сведения о реальном количестве компонентов, имеющихся на складах, открывая дополнительные возможности по более точному планированию материальных ресурсов, минимизации складских запасов и снижению трудоемкости подготовительных операций.

В современном мире коммуникации играют огромную роль. Подобно тому, как результативность команды специалистов возможно определить, оценивая характер общения ее непосредственных участников, так и эффективность любого производства напрямую зависит от конструктивного сотрудничества между различными департаментами, отделами и участками, вовлеченными в общий процесс. Какой бы ни был высокий уровень взаимопонимания между людьми в кол-

лективе, использование различных информационных инструментов для планирования рабочего времени и управления проектами позволяет увеличить эффективность их труда. Применительно же к технологическому процессу, в котором заняты не только люди, но и оборудование, сложно представить действительно успешное производство, не использующее информационную систему, контролирующую внутреннюю деятельность предприятия.





Для современных производств электроники задача создания и развития управляющей автоматизированной информационной системы становится все более злободневной. Следует отметить, что проектирование универсальной единой информационной системы с нуля кажется если и не невозможным, то уж точно нецелесообразным, поэтому на реальном предприятии обычно речь идет о построении и развитии взаимодействия между различными как уже существующими, так и вновь внедряемыми системами, решающими специфические задачи. В связи с этим именно системная интеграция начинает играть все более важную роль в процессе наращивания IT-инфраструктуры организации.

В последнее время заказчики все чаще интересуются построением взаимодействия между технологическим оборудованием по автоматизированной сборке электроники и существующими системами учета, используемыми на предприятии.

Исторически сложилось так, что в большинстве случаев речь идет о взаимодействии с системой «1С», однако принципы, изложенные ниже, в равной степени справедливы для любой информационной системы и любой компании. А потому мы введем термин ИСП — «информационная система предприятия», используя далее в статье, намеренно избежав употребления таких специальных понятий, как ERP, MES и т. д., чтобы особо подчеркнуть возможность интеграции между различными типами информационных систем.

На любом предприятии особенно остро стоит вопрос правильного учета компонентов и материалов, имеющихся на производстве и предназначенных для сборки продукции. Актуальная информация позволяет не только точно планировать производственный процесс, гибко реагируя на внезапные изменения планов и избегая простоев оборудования

из-за неожиданно возникшего дефицита, но и точнее рассчитывать финансовые ресурсы предприятия, корректнее оценивать себестоимость выпуска продукции, минимизировать потери и т. д. Таким образом, задача построения интеграции между системой учета компонентов и точками их непосредственного расхода должна решаться одной из первых. И здесь автоматическая сборочная линия, активно потребляющая SMD-компоненты в ходе работы, может смело выступать в качестве флагмана. К счастью, именно эта часть является наиболее удобной для начала процесса системной интеграции, практически мгновенно принося ощутимый эффект.

Далее мы детально коснемся темы построения интеграции с базой данных материалов, применяемых в оборудовании поверхностного монтажа MYCRONIC, и опишем основные положения, которые необходимо взять за основу, прорабатывая данный вопрос.



## Основы взаимодействия

У компании MYCRONIC есть мощный инструмент под названием MYCenter MH, который пришел на смену ПО MYLabel, являясь дальнейшей эволюцией и развитием системы учета и подготовки SMD-компонентов для сборки на автоматической линии. MYCenter MH обеспечивает автоматизированную загрузку компонентов в питатели автомата путем считывания штрих-кодов с катушки и тем самым минимизирует риск допуска ошибки оператором. После считывания штрих-кодов на катушке с компонентом и на питателе происходит автоматическая привязка питателя к катушке. При этом в оборудовании попадает информация о фактическом количестве элементов в носителе, которая по мере сборки изделия автоматически обновляется в базе данных MYCenter MH. Другими словами, уже имеется механизм, обеспечивающий автоматизированное списание компонентов в катушке по мере их расхода на сборочной линии.

Нужно отметить, что возможности ПО MYCenter MH выходят за рамки автоматизации процесса загрузки компонентов в питатели установки: система позволяет также

учитывать и контролировать остатки SMD-компонентов на производстве, управлять местоположениями комплектации через маркировку полок на стеллажах хранения или коробок с комплектацией, а также может участвовать в планировании работы автоматической сборочной линии. Это открывает дополнительные возможности по использованию имеющегося функционала для специфичных задач предприятия, дополняя существующую ИСП-систему, если в ней отсутствует какой-либо элемент из описанного выше функционала.

При загрузке носителей с компонентами в питатели с помощью MYCenter MH требуется, чтобы каждый носитель имел уникальный код, обеспечивающий однозначную идентификацию конкретной упаковки — в идеале в течение неограниченного времени. Это позволяет учитывать расход компонентов и вести учет местоположений по каждому носителю, одновременно загружать несколько носителей с одинаковым компонентом в установщик, готовить различные комплекты для разных

производственных заказов или сборочных линий, а также формировать отчеты об использовании конкретных компонентов на смонтированных печатных платах.

Для этой цели в MYCenter MH имеется функционал по присваиванию уникальных номеров каждой катушке и печати соответствующих штрих-кодов. В классическом случае предполагается, что катушки, устанавливаемые в автоматическую линию MYCRONIC, предварительно маркируются в MYCenter MH, и этот код применяется для загрузки питателей в машину. Если такой же функционал предусмотрен в ИСП, где, в свою очередь, также печатаются коды катушек, получается, что приемка компонентов дублируется — это вносит немалую путаницу и неэффективно расходует рабочее время. Операцию приемки компонентов целесообразно выполнять в одном месте, используя далее полученную информацию в разных системах без дополнительных усилий.

Можно выделить два подхода в организации учета компонентов в ИСП. В первом случае регистрируются номенклатурные позиции (имена компонентов), и во внимание не принимается конечное число конкретных носителей на складе. Таким образом, в базе предприятия указывается только суммарная наличность компонентов, а информация о количестве отдельных упаковок и местоположении каждой из них не фиксируется.

Во втором случае учет ведется в том числе по каждому носителю, которому присваивается уникальный номер, однозначно идентифицирующий его среди остальных.

Уникальный номер дается носителю даже в том случае, если в партии были одинаковые катушки от одного поставщика. Вариант, при котором катушки из одной поставки, имеющие одинаковый компонент, получают одинаковый код, а из различных поставок — разный, больше относится к первому случаю, и конкретные решения зависят от поставленных задач.

Если ИСП построена по принципу уникальности каждого носителя, тогда возможно использование напрямую в MYCenter МН штрихкода носителя, сгенерированного ИСП. При этом исключается необходимость повторной приемки каждого

носителя в MYCenter и печати дополнительных этикеток со штрихкодом на каждую катушку, пенал или поддон. Если учет в ИСП организован по принципу фиксации только номенклатурных позиций, приемки в MYCenter МН каждого носителя с присвоением ему индивидуального кода и печати отдельной этикетки избежать не удастся.

Впрочем, взаимодействие между двумя системами (MYCenter МН и ИСП) можно построить при любом способе организации ИСП, однако детали работы конечного механизма интеграции, естественно, будут различаться.

### УНИКАЛЬНОСТЬ КОДОВ МАРКИРОВКИ НОСИТЕЛЕЙ

Вопрос уникальности кодов используемых катушек требует выработки отдельной системы их маркировки. По умолчанию в MYCenter МН установлен обычный индексатор, который увеличивает свое значение на единицу после печати очередной этикетки (индексы начинаются с единицы).<sup>1</sup> Однако если говорить о построении системы маркировки, охватывающей несколько информационных систем, где могут использоваться разные принципы идентификации, целесообразно организовать специальную систему маркировки, дополнительно кодирующую интересующую информацию, такую как дата приемки компонента, номер накладной и т. д. Позиции в коде можно зафиксировать для кодирования разного рода данных, зарезервировав, к примеру, последние два символа для создания действительно уникальных индексов для катушек с одинаковыми компонентами, пришедшими в рамках одной поставки. То есть трем катушкам с одинаковым компонентом YY, поступившим по товарной накладной XXXX от 1.03.2018, присваиваются номера YYXXXX0103201801, YYXXXX0103201802 и YYXXXX0103201803. При этом MYCenter МН получает уникальный код катушки, а если ИСП не требует уникальности и построена по другому принципу, она может просто отбросить некоторые символы, создав нужную систему маркировки.

<sup>1</sup> В базе данных MYCenter МН длина поля CarrierID ограничена 50 знаками, что позволяет наряду с цифрами записывать латинские символы. Это представляется вполне достаточным для создания необходимой системы идентификации.



## СИНХРОНИЗАЦИЯ ИМЕН КОМПОНЕНТОВ

Нередко ИСП содержит собственные имена компонентов (названия номенклатурных позиций), отличающиеся от имен компонентов, принятых на линии автоматического монтажа MYCRONIC. Следует отметить, что оборудование MYCRONIC не допускает употребления имен компонентов, содержащих символы кириллицы, причем длина имени компонента MYCRONIC ограничена 35 символами. В связи с этим возникает потребность ассоциировать имена компонентов в оборудовании MYCRONIC с именами, принятыми в ИСП. Если обозначения в ИСП не превышают 35 символов (и метки также не имеют знаков кириллицы), можно использовать имена из ИСП напрямую в TPSYS и MYCenter. При необходимости корректировки существующей базы данных установщика MYCRONIC, содержащей отличные от ИСП имена компонентов, можно выполнить предварительную разовую синхронизацию базы данных TPSYS с сохранением ее целостности, заменив старые обозначения компонентов теми, что приняты в ИСП.

Кроме того, допустим вариант, когда ИСП полностью берет на себя функцию по предоставлению корректного имени компонента, принятого в MYCRONIC, например за счет добавления специального поля к базе данных, где указано название, используемое в TPSYS. Во многих случаях выбирают именно этот вариант, однако он требует определенной квалификации работников склада.

Ассоциацию между именами можно построить и в случае, когда в базе MYCRONIC каждый компонент имеет добавочный код, принятый в базе данных ИСП. Для этого задействуют дополнительное поле Barcode, допускающее строку длиной до 40 символов. Следует помнить, что здесь также не допускаются символы кириллицы в коде, и в российских реалиях это становится существенным ограничением, а потому такую схему чаще используют за рубежом.

Какой бы подход ни был выбран в результате, вопросу синхронизации имен компонентов необходимо уделить особое внимание перед непосредственной реализацией сервиса взаимодействия между информационными системами.

Особо хочется отметить, что можно построить механизм автоматического создания новых компонентов в базе данных TPSYS после их формирования в ИСП. Данная функция востребована на реальном производстве и позволяет поддерживать в синхронизированном состоянии еще и список номенклатурных позиций, обеспечивая единообразие маркировки на предприятии. От инженера, готовящего программы монтажа, может потребоваться только дополнительное описание параметров корпуса нового компонента в процессе программирования оборудования, при этом необходимость дальнейшего создания корпуса на автоматическом сборочном участке никак не отразится на эффективности работы сервиса интеграции между информационными системами.



## Механизм взаимодействия в случае индивидуального учета каждого носителя в ИСП

Индивидуальный учет каждого носителя в ИСП является предпочтительным, при этом механизм взаимодействия между системами можно реализовать различными способами.

Непосредственно в MYCenter МН можно активировать дополнительную опцию<sup>2</sup> связи с внешней ERP-системой. Данная опция позволяет взаимодействовать с MYCenter МН через веб-сервис, причем алгоритм работы MYCenter МН строится на основе ответов, получаемых от соответствующего сервиса. Использование описанной опции предполагает следующую процедуру работы.

Каждый раз при сканировании штрихкода носителя, сгенерированного ранее ИСП<sup>3</sup> (индивидуального штрихкода носителя — CarrierID) с помощью сканера, подключенного к MYCenter МН, эта база вызывает функцию указанного веб-сервиса и запрашивает внешнюю ИСП о связанных с отсканированным носителем данных. Внешняя ИСП возвращает информацию о названии компонента в носителе и текущем количестве компонентов и дополнительно пересылает код партии компонента (BatchID<sup>4</sup>). Если в дальнейшем оператор загружает носитель в питатель установщика, внешняя



ИСП-система получает уведомление о том, что носитель находится в работе (с указанием серийного номера питателя). Когда оператор на автоматической линии выгружает компонент из питателя, MYCenter сообщает внешней ИСП о том, что носитель более не находится в работе, а также отправляет в ИСП количество истраченных компонентов. В ответ на этот запрос ИСП должна подтвердить, что полученная информация корректно обработана в системе и питатель может быть выгружен, в противном случае носитель остается загруженным в питатель автомата до следующего удач-

ного обмена информацией, чтобы предотвратить потерю сведений.

В последние версии ПО была также добавлена функция контроля загрузки компонентов в питатели со стороны ИСП. В момент загрузки компонентов в питатели ИСП должна пересылать код подтверждения, разрешающий выполнение данной операции. Такая функция запрещает использование некоторых компонентов на линии, предотвращая их несанкционированное применение (изоляция брака, резервирование под конкретный заказ и т. д.).

<sup>2</sup> Опция имеет код L-010-0615 — ERP option for MYCenter Material Handling. Данная опция приобретается дополнительно и позволяет MYCenter взаимодействовать с внешней ИСП через веб-службу, на которую предоставляется соответствующее описание (WSDL-файл). Схема взаимодействия с данной службой изображена на рис. 1.

<sup>3</sup> При печати штрихкодов в ИСП следует предусмотреть отдельный префикс в коде, который позволит программе автоматически правильно трактовать сканируемый код. Префикс выбирается самостоятельно, по умолчанию в MYCenter МН в качестве префикса используется символ R.



# ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ

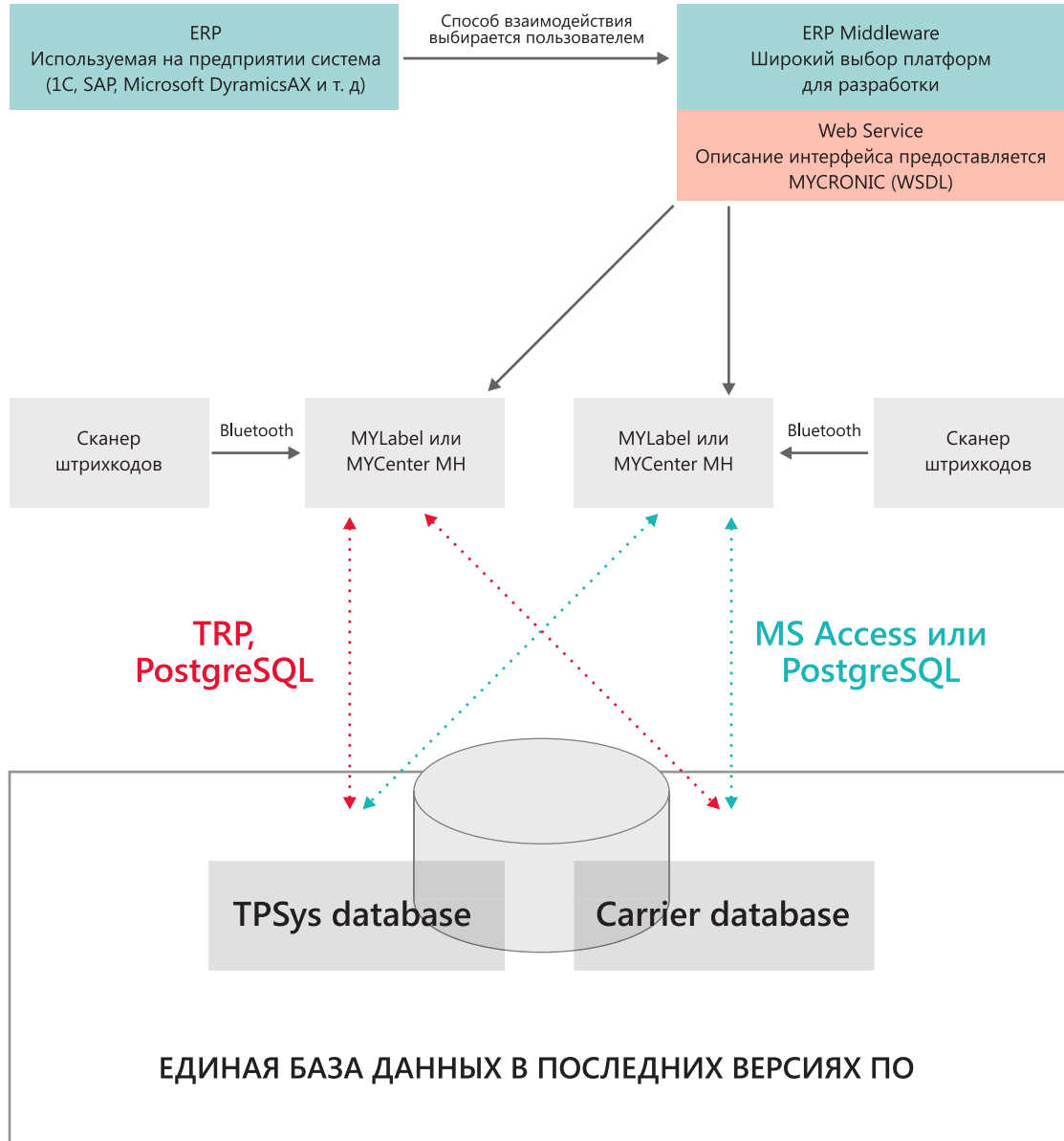


Рис. 1. Схема взаимодействия между информационными системами с использованием опции L-010-0615 ERP for MYCenter

Если же происходит повторное сканирование штрихкода носителя, прежде уже участвовавшего в работе, то каждый раз происходит обновление количества компонентов в носителе в локальной базе данных MYCenter перед очередной загрузкой компонента в питатель. Таким образом, внешняя ИСП является полноправным владельцем информации о каждом носителе и индивидуально контролирует оставшееся в них количество компонентов<sup>5</sup>.

В случае использования стандартного сервиса списание количества израсходованных компонентов происходит дискретно во время операций загрузки и выгрузки носителя в питатели установщика. Непосредственно в процессе сборки печатных плат на линии никакого списания компонентов не происходит. В некоторых случаях это является ограничением.



Для реализации возможности списания компонентов в носителях в «реальном времени» предусмотрен специализированный сервис MYCROSCOPE-Harvester, разработанный компанией «Диполь». Этот сервис постоянно прослушивает сообщения от сборочной линии в процессе ее работы и генерирует соответствующие события по мере окончания сборки очередной платы/панели. Сервис позволяет гибко настраивать как формат отчета об израсходованных компонентах, так и способ взаимодействия с внешней ИСП-системой. В базовом варианте формируется отчет о расходе компонентов по каждому загруженному носителю после окончания сборки очередной платы/панели. При комбинированном использовании опции L-010-0615 ERP for MYCenter и сервиса MYCROSCOPE-Harvester внешняя ИСП-система должна специальным образом обрабатывать информацию о расходе компонентов, получаемую после выгрузки носителя из питателя, поскольку данные о количестве уже обновлены отдельно через сервис MYCROSCOPE-Harvester<sup>6</sup>.

Следует отметить, что возможен вариант построения взаимодействия между информационными системами и без опции L-010-0615 ERP for MYCenter: взаимодействие с базой данных MYCenter МН выполняется напрямую, без привязки к алгоритму работы программы MYCRONIC через специализированный сервис MYConnect, также разработанный «Диполь».

В этом случае создание новых записей о носителях в базе данных MYCenter МН должно происходить до их загрузки в питатели сборочного автомата. Подобно тому как реализуется взаимодействие с применением стандартной опции, сервису MYConnect необходимо предоставить информацию о названии компонента, их количестве в упаковке, номере партии BatchID, а также о коде CarrierID, который будет считываться в MYCenter МН. Важно отметить, что вызов функции компонента MYConnect должен осуществляться ИСП самостоятельно, а не в ответ на запрос от MYCenter МН, как в первом варианте. Вызов функции по созданию нового носителя в базе MYCenter МН выполняется, как пра-

<sup>4</sup> Как правило, в поле BatchID записывается штрихкод носителя (CarrierID). Однако здесь возможны исключения: в данное поле ИСП может записывать собственную информацию. При этом в логе работы оборудования будет фигурировать только код, указанный в BatchID, а код CarrierID дополнительно фиксироваться не будет.

<sup>5</sup> Возможный алгоритм взаимодействия с внешней ИСП при использовании опции ERP for MYCenter (рис. 2).

<sup>6</sup> Под специальной обработкой понимается либо игнорирование полученного значения расхода, либо дополнительная проверка корректности предыдущего списания компонентов.

вило, сразу после создания новых записей в базе данных ИСП, и обмен информацией после каждого считывания штрихкода CarrierID между ИСП и MYCenter МН также не производится. При организации взаимодействия между информационными системами без помощи стандартной опции L-010-0615 ERP for MYCenter теряется возможность постоянного обновления сведений о количестве компонентов в носителе при каждом сканировании его штрихкода

и нет взаимосвязи в моменты загрузки/выгрузки питателя<sup>7</sup>, однако полностью сохраняется возможность использования MYCROSCOPE-Harvester для списания компонентов в «реальном времени», что в большинстве случаев отвечает задаче интеграции в полном объеме.

Сервис MYConnect представляет собой сборку Microsoft .NET, доступную стороннему коду как через Webservice, так и с использованием технологии COM либо путем указания

ссылки на нее в случае разработки под .NET. Сервис MYConnect добавляет дополнительный функционал к процессу взаимодействия, в частности речь идет об автоматическом создании новой номенклатуры (названия компонента), если она появляется в ИСП.



<sup>7</sup> Возможный алгоритм взаимодействия с внешней ИСП без использования опции ERP for MYCenter (рис. 3).

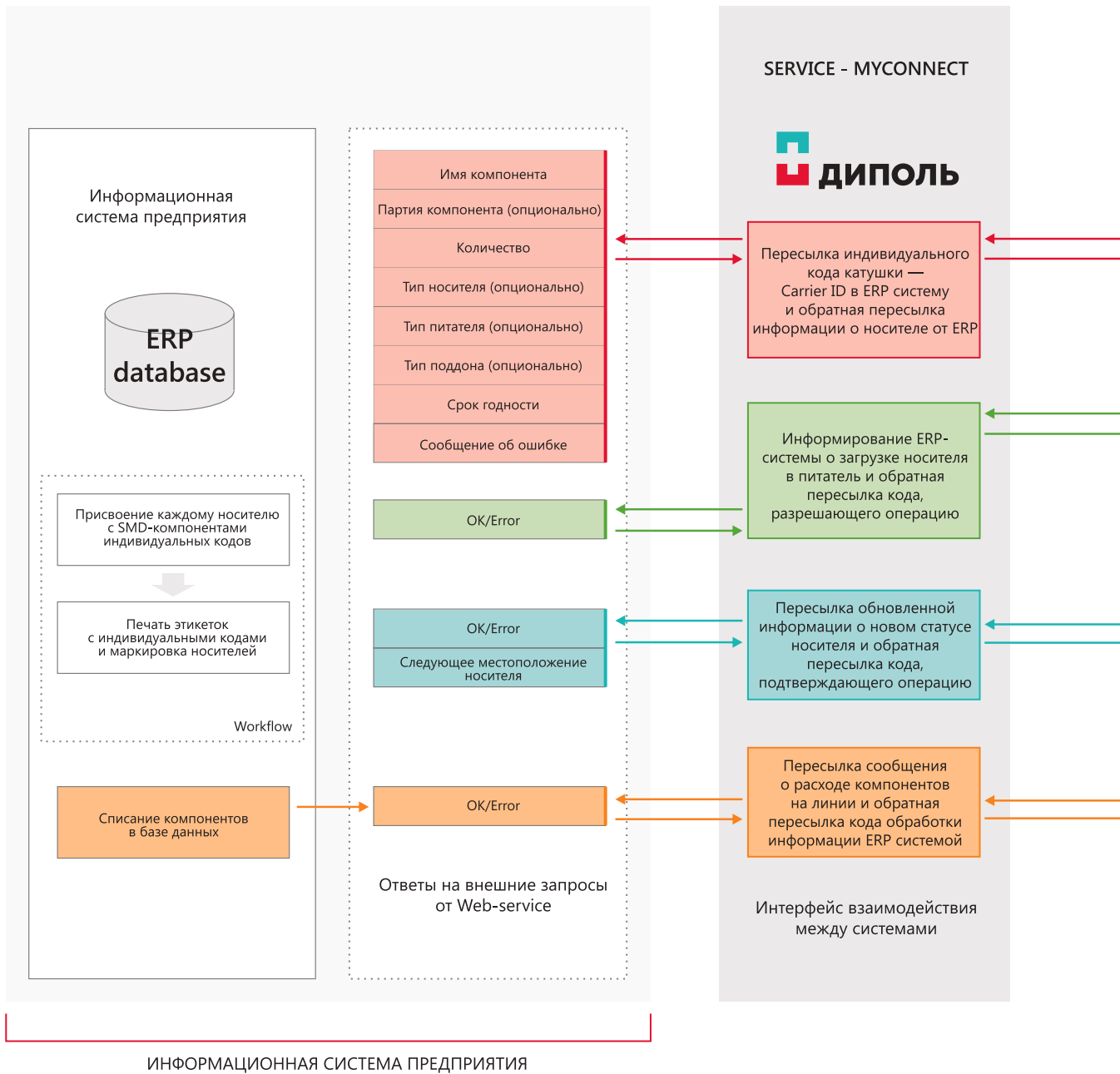
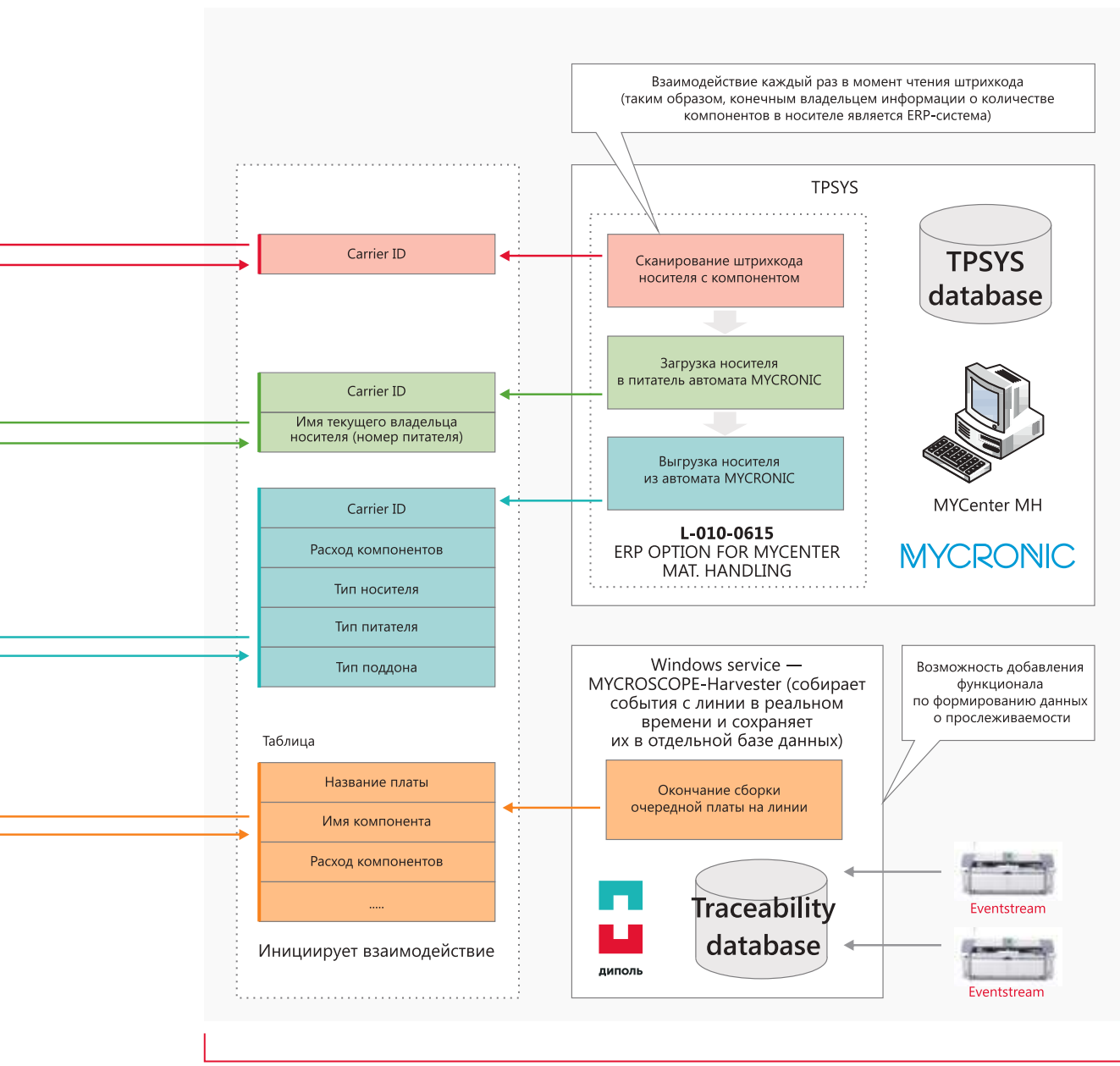


Рис. 2. Механизм взаимодействия между информационными системами с использованием опции L-010-0615 — ERP for MYCenter





ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ УЧАСТОК

## Механизм взаимодействия в случае учета общего количества по каждой номенклатурной позиции

При данном способе организации ИСП также возможно информировать внешнюю ИСП о расходе компонентов, однако нужно отдельно выполнять приемку компонентов в MYCenter МН, присваивая носителям индивидуальные штрихкоды и маркируя ими носители. Учет конкретных носителей в данном случае остается в области ответственности ПО MYCenter МН, во внешнюю систему поступает только информация об интегральном расходе по номенклатурным позициям и остатках компонентов.

Естественно, здесь тоже следует проработать вопрос привязки имен компонентов, принятых в ИСП, к именам, используемым в базе данных MYCRONIC.

В остальном механизм напоминает принцип работы системы при индивидуальном учете носителей в ИСП. Также в этом случае, как правило, отпадает необходимость построения взаимодействия через стандартную опцию L-010-0615 ERP for MYCenter в силу бесполезности

большинства ее функций, поскольку владельцем информации о каждом индивидуальном носителе будет являться MYCenter МН. Применение описанной опции может быть оправдано при потребности информирования ИСП о том, что специальные компоненты поступают в работу, а разрешение на их использование

должно контролироваться основной учетной системой предприятия.

Механизм списания в «реальном времени» при подобном подходе также будет полностью работоспособен, однако и в данном случае учет расхода ведется лишь по имени компонента, индивидуальные коды носителей не участвуют в обмене.



## Заключение

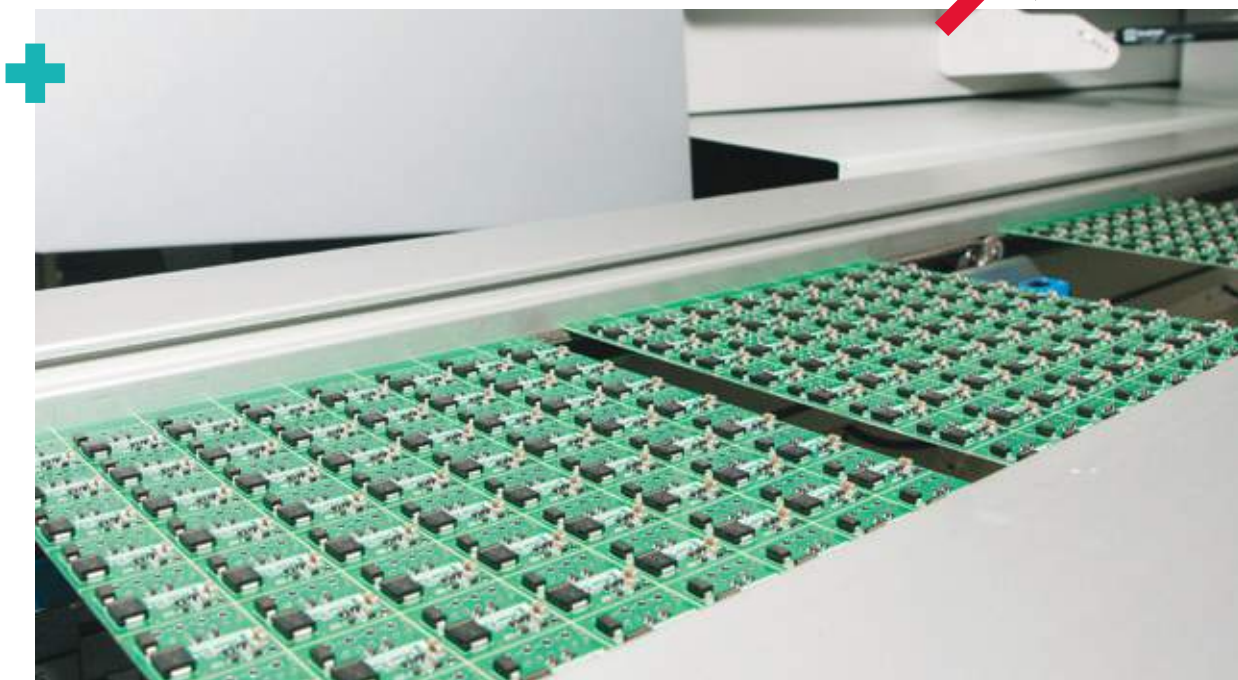
Несмотря на универсальность описанных выше принципов, в процессе создания реального сервиса по взаимодействию между системами решается ряд специфичных задач, начиная от согласования имен используемых компонентов и выработки системы идентификации носителей, удовлетворяющей целям различных систем, и заканчивая конкретными способами обмена информацией между ними. Сам механизм обмена данными между сервисами можно построить различными спо-

собами, включая взаимодействие с программным кодом через прямой вызов функций интерфейсного компонента<sup>8</sup> либо путем обмена через XML или текстовые файлы, промежуточную базу данных и т. д. Выбор конечного механизма общения всегда остается на усмотрение заказчика. В каждом случае специалисты «Диполь» готовы помочь и подсказать наиболее успешные методики построения такой системы.

Особо отметим, что создание подобной системы существенно по-

вышает общий уровень производственной культуры, и эффект от такого внедрения начинает ощущаться очень быстро, полностью окупая затраченные временные и материальные ресурсы.

Это является хорошим стимулом для дальнейшего развития предприятия и постепенного перевода производства на цифровые рельсы, что приближает эру «умного производства».



<sup>8</sup> Взаимодействие через COM, веб-службу или напрямую со сборкой .NET.

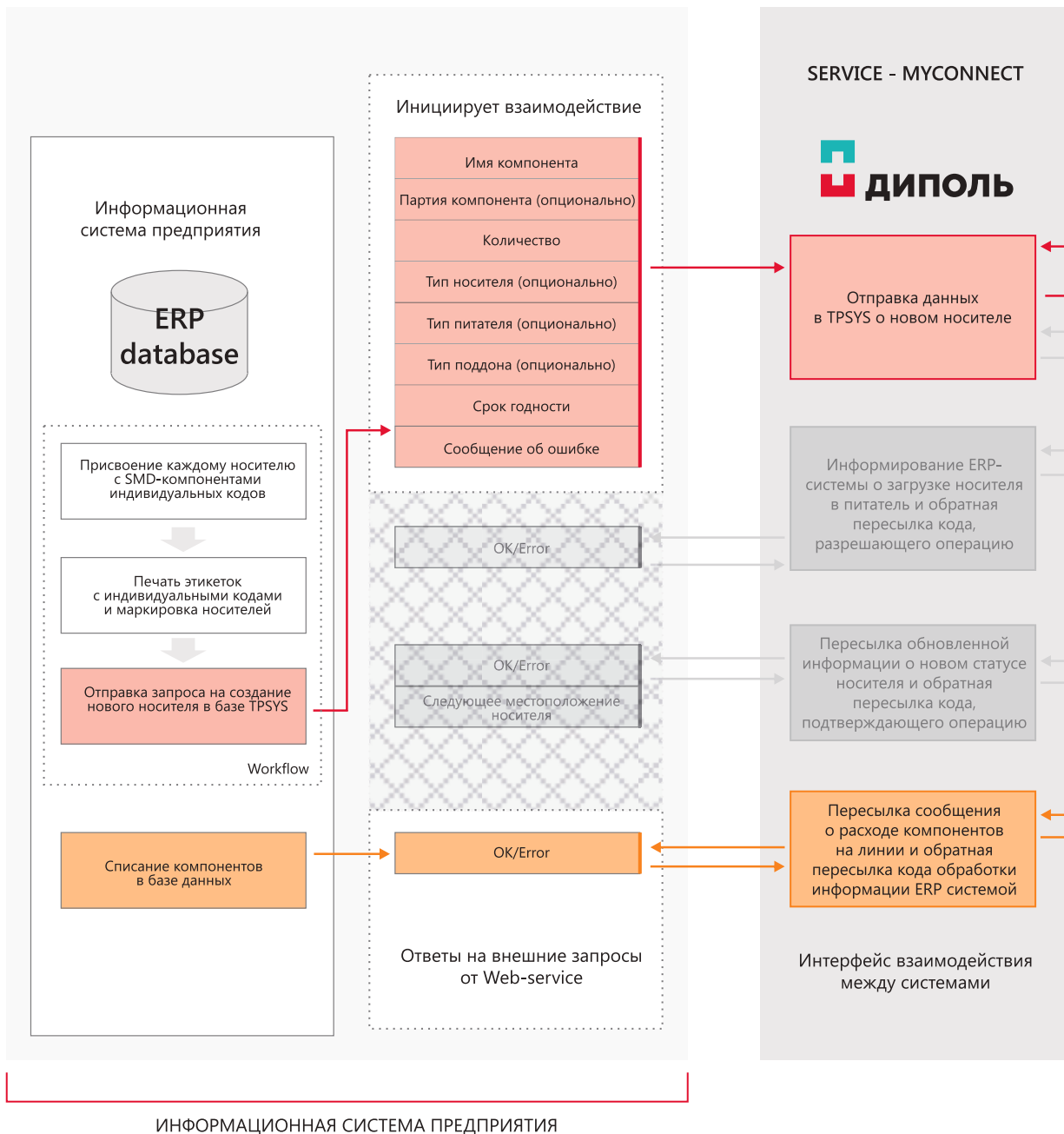
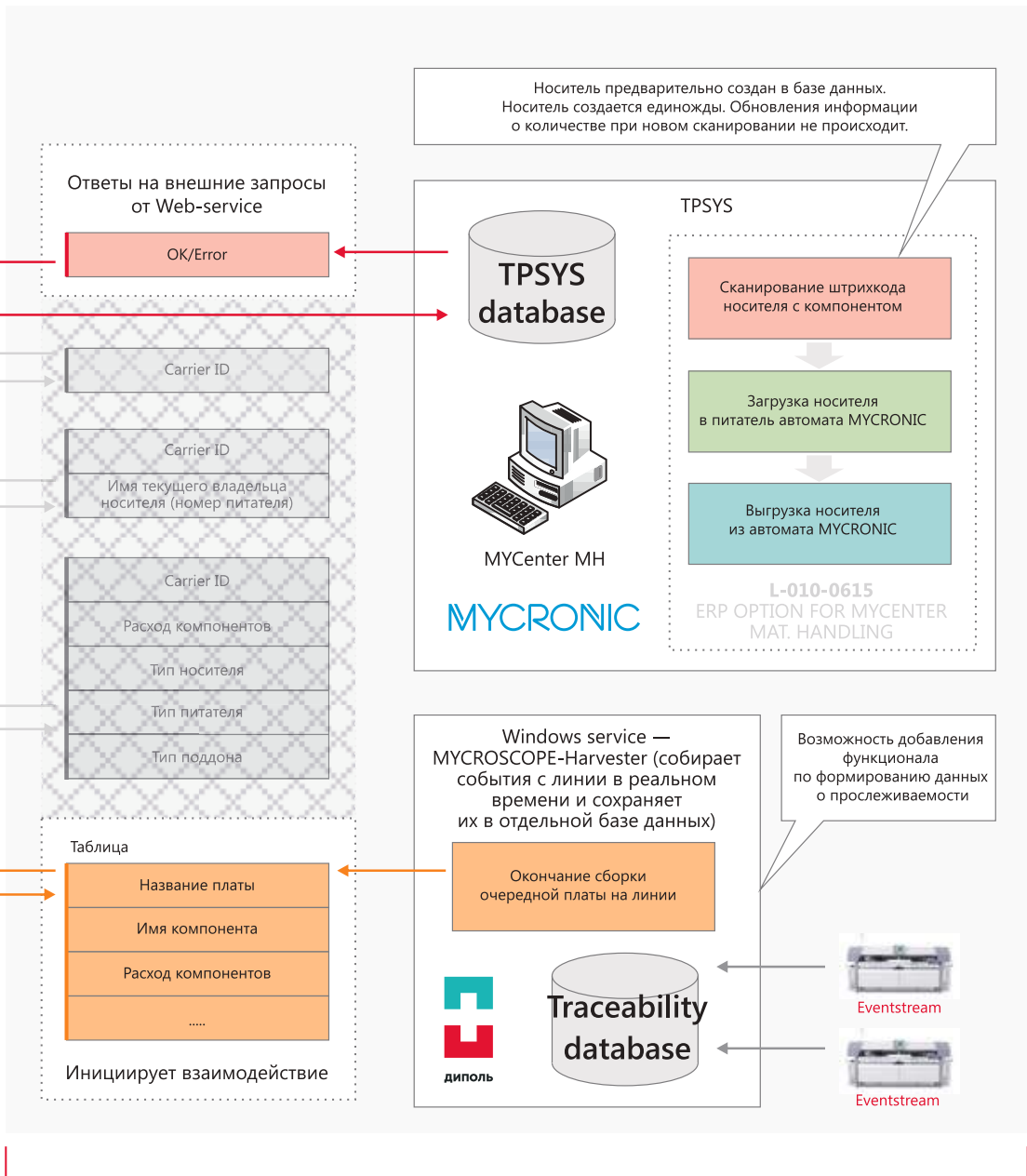


Рис. 3. Механизм взаимодействия между информационными системами без использования опции L-010-0615 — ERP for MYCenter





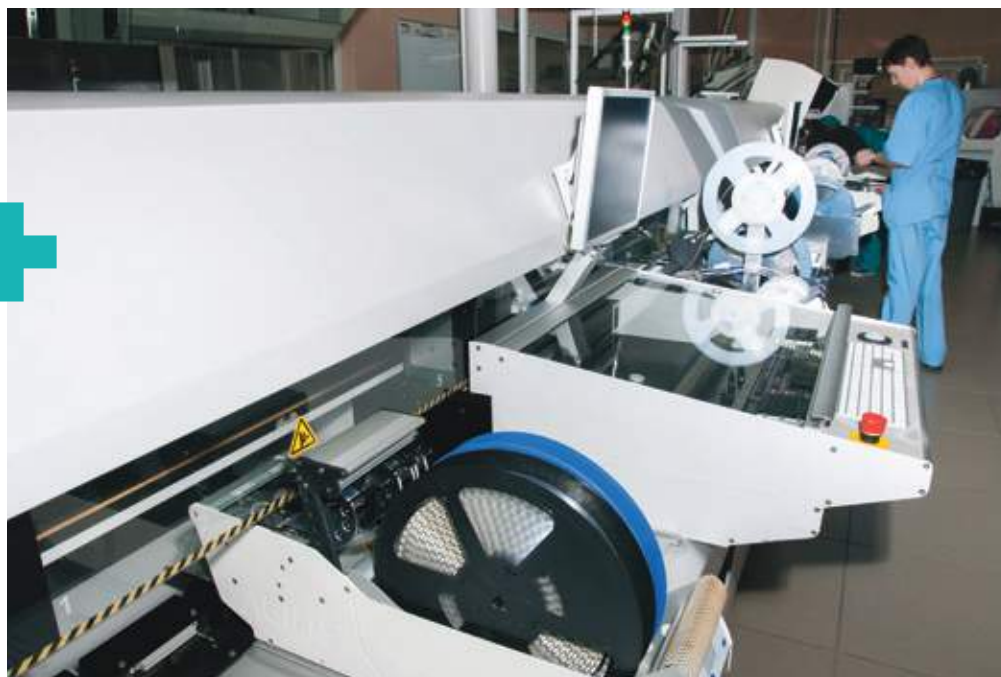
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ УЧАСТОК

## Термины и определения

- **MYCRONIC** (ранее MYDATA) — шведский производитель SMT-оборудования для поверхностного монтажа SMD-компонентов. Ссылка на сайт производителя: [www.mycronic.com](http://www.mycronic.com).
- **TPSYS** — управляющая программа автомата поверхностного монтажа компании MYCRONIC. TPSYS обладает интерфейсом по управлению автоматом сборки печатной платы и содержит серверные компоненты, позволяющие хранить и обслуживать внутреннюю базу данных станка. В качестве базы данных в TPSYS используется свободная объектно-реляционная система управления с открытым кодом PostgreSQL.
- **MYCenter MH** — MYCenter Material Handling — программное обеспечение компании MYCRONIC, разработанное для автоматической загрузки SMD-компонентов в питатели автомата по установке компонентов MYCRONIC/MYDATA путем считывания штрихкода на носителе (на упаковке с компонентом) и штрихкода на переносном питателе. MYCenter MH ведет отдельную базу данных SMD-компонентов, позволяя производить списание элементов в носителях в процессе сборки печатной платы, обладает, в частности, функциями по контролю за перемещением компонентов на производстве за счет поддержки штрихкодированных местоположений. В связке с ПО MYPlan предлагает позиции в магазинах для наилучшего места установки питателя с компонентом, создавая оптимизированные комплекты питателей для сборки печатных плат, а также обеспечивает поддержку автоматизированного склада для хранения компонентов SMD Tower. MYCenter MH является эволюцией ПО MYLabel, предназначенного для тех же задач. Однако в отличие от MYLabel, использовавшего внешнюю базу данных Access, MYCenter MH хранит все сведения на сервере TPSYS в базе данных PostgreSQL.
- **MYCenter CAD** — MYCenter CAD Conversion — программное обеспечение компании MYCRONIC, созданное для удаленного программирования SMD-автоматов компании MYCRONIC/MYDATA. MYCenter CAD и MYCenter MH используют единый интерфейс для доступа к внутренним базам данных TPSYS, различаются между собой только вкладками на основной форме приложения, открывающими доступ к различным функциям.




- **MYCenter** — общее название программного обеспечения компании MYCRONIC без указания конкретных лицензий (CAD или MH), включенных в конечный продукт. MYCenter может поставляться без лицензий CAD и MH, разрешая пользователю редактировать базу данных автомата на удаленном рабочем месте.
- **Носитель с компонентом** — обозначение одного из возможных вариантов упаковки SMD-компонента. Существуют три основных типа упаковки: катушка, пенал или поддон. В терминах базы данных MYCenter имеет обозначение Carrier.
- **Питатель** — устройство для подачи компонентов в установщик в процессе монтажа изделия. В английской литературе используется термин Feeder.
- **CarrierID** — уникальный идентификатор носителя с компонентом в базе данных MYCenter MH.
- **BatchID** — идентификатор партии компонента, который отображается в логге сборки автомата MYCRONIC. Данный код служит для идентификации компонентов, установленных на печатную плату. 🇺🇸



# Мощность против энергии

Принципиальные различия  
скожих понятий





Мы продолжаем знакомить читателей с материалами, посвященными базовым понятиям и подходам в использовании источников питания (ИП), современным решениям в данной области и уникальным функциям, помогающим решить самые сложные задачи, возникающие при тестировании. В этом номере менеджер по развитию бизнеса и ведущий раздела по системам электропитания объединенного блога Keysight Technologies в России Алексей Телегин обсуждает такие фундаментальные понятия, как мощность и энергия.



Алексей Телегин,  
ведущий блога по источникам питания  
Keysight Technologies

Энергия становится все более ценным товаром, ведь человечество гораздо быстрее находит способы ее потребления, чем способы производства. Даже если бы мы были способны добывать или преобразовывать энергию в неограниченных количествах, процессы ее производства и потребления все равно оказывали бы огромное влияние на жизнь всей планеты. Для решения проблемы растущих потребностей необходимы более разумные и эффективные способы использования энергии. Нельзя не отметить, что в ряде отраслей происходит пос-

тоянное развитие технологий для решения данной задачи, и компания Keysight Technologies является активным участником этого, безусловно, положительного процесса.

Несмотря на то, что мощность и энергия — фундаментальные понятия, и большинство профессионалов прекрасно понимают различие между ними, я иногда встречаю сотрудников, ошибочно использующих одно из этих слов вместо другого. Действительно, эти понятия тесно связаны, но все же являются принципиально разными по смыслу.

Итак, начнем с энергии. Вероят-

но, лучше всего рассматривать ее с точки зрения классической механики движения заряженных частиц. Уравнение кинетической энергии выглядит следующим образом:

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2,$$

где  $E_k$  — энергия частицы,  $m$  — масса, а  $v$  — скорость. До тех пор пока эта движущаяся частица не испытывает воздействия, ее энергия остается неизменной. Но что произойдет с частицей под действием внешней силы? Этот вопрос приводит нас

$$E_k = \frac{1}{2} \times m$$

к понятию работы. Механическая работа — это мера силы, зависящая от численной величины, направления силы и от перемещения точки. Если эта сила действует в том же направлении, что и перемещение, работа определяется как положительная. Частица получает энергию. Если сила действует в направлении, противоположном перемещению, тогда работа является отрицатель-

ной. Энергия частицы уменьшается. Работа выражается следующим образом:

$$W = E_{k2} - E_{k1},$$

где  $E_{k1}$  — энергия частицы до воздействия на нее силы, а  $E_{k2}$  — энергия частицы после воздействия. Работа — это количественная мера изменения энергии этой частицы.



$$W = E_{k2} - E_{k1},$$

$$= E_{k2} - E_{k1}$$

Мы подошли к вопросу определения потенциальной энергии. В механике потенциальную энергию можно описать как нечто, что я буду называть возобновляемой силой, приложенной в направлении, противоположном перемещению. В самом типичном случае это будет масса объекта, поднятого на некоторую высоту, на который действует сила тяжести. Это также может быть сила, использованная для растягивания пружины на некоторое расстояние. В случае силы тяжести потенциальную энергию описывает следующая формула:

$$E_p = m \times g \times y,$$

где  $E_p$  — потенциальная энергия частицы,  $m$  — масса,  $g$  — сила тяжести, а  $y$  — высота частицы над заданной точкой отсчета. Обратите внимание, что вес — это произведение массы на силу тяжести. Работа, складываемая или вычитаемая (соответственно), — это подъем или опускание частицы на вертикальное расстояние под действием силы тяжести.



$$E_p = m \times$$

Для электричества понятия работы и энергии точно такие же, как и в контексте механики. Известно, что энергию нельзя создать или уничтожить, ее можно только преобразовать из одной формы в другую. Энергию света можно преобразовать в электрическую при помощи фотоэлемента. Электрическую энергию можно преобразовать в механическую при помощи электродвигателя и т. д. Эти процессы не являются эффективными на все 100%, потому что значительная доля исходной энергии преобразуется также в тепловую. Общепринятой мерой энергии являются джоули, которые равны одной ватт-секунде. Чаще всего мы сталкиваемся с этим понятием, когда оплачиваем счета за электроэнергию: сумма в них рассчитывается на основании количества киловатт-часов электроэнергии, которая израсходована с момента выставления предыдущего счета.

Как и в механике, энергию в электрических системах можно сохранять — в частности, в реактивных компонентах (катушках индуктивности и конденсаторах). Энергия в катушке вычисляется по формуле:

$$E = \frac{1}{2} \times L \times I^2,$$

где  $E$  — энергия в джоулях,  $L$  — индуктивность в генри, а  $I$  — сила тока в амперах. Катушка индуктивности хранит свою энергию в магнитном поле. Соответственно, энергия конденсатора определяется по формуле:

$$E = \frac{1}{2} \times C \times V^2,$$

где  $E$  — энергия в джоулях,  $C$  — емкость в фарадах, а  $V$  — электрический потенциал в вольтах. Конденсатор хранит свою энергию в электрическом поле.

Надеюсь, что теперь вы имеете более четкое представление о том, что представляет собой энергия (и работа). Далее необходимо связать эти понятия с мощностью.

Мы знаем, как можно увеличить энергию или, наоборот, уменьшить ее в системе под воздействием совершаемой работы, и установили, что совершенная работа приводит к изменению количества энергии. Но необходимо также знать, в течение какого периода выполнялась работа. Ведь она могла совершаться в течение минуты, дня или года. Мощность является мерой скорости, с которой выполняется работа, и энергии, добавляемой в систему или удаляемой из системы.

Средняя мощность = совершаемая работа/интервал времени.

Когда мы слышим слово «мощность», чаще всего нам в голову приходит мощность в лошадиных силах, которой обладает какой-нибудь автомобиль (по крайней мере, это утверждение справедливо для большинства автолюбителей). Несмотря на то, что чаще всего это понятие используется в отношении механических систем, лошадиная сила все

же остается мерой мощности, точно так же, как и электрическая мощность, которую мы потребляем из розеток у себя дома.

Когда-то, еще во времена тепловых двигателей, Джеймс Ватт придумал термин «лошадиная сила» в качестве средства для сравнения своих паровых двигателей с интенсивностью работы, которую может производить лошадь. Механическая работа — это мера силы (фунты), затраченной на перемещение на расстояние (футы). В результате расчета было принято, что лошадь


может переместить 550 футо-фунтов за одну секунду, или производить 550 футо-фунтов мощности в секунду.

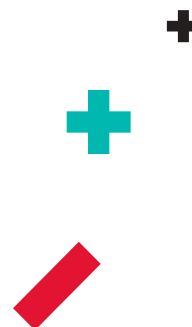
Электрическая мощность также является мерой работы, выполняемой за единицу времени. Однако в этом случае она перемещает заряд в 1 Кл (кулон) при потенциале в 1 В (вольт) за 1 с (секунду). Обратите внимание, что 1 А (ампер) равен 1 Кл/с. Одна единица электрической мощности равна одному ватту. Подведем итог:

$$P \text{ (ватты)} = Q \text{ (кулоны)} \times V \text{ (вольты)} / t \text{ (секунды)} = I \text{ (амперы)} \times V \text{ (вольты)}.$$

Мы говорили о том, что энергия измеряется в ватт-секундах и киловатт-часах. Разделите количество энергии на интервал времени, за который она была использована, и вы получите мощность в ваттах и киловаттах! Какова взаимосвязь между механической и электрической мощностью? Когда появились первые электродвигатели, необходимо было соотнести работу, которую они могли выполнить, с работой тепловых двигателей, которая измерялась в лошадиных силах, где одна лошадиная сила равна 550 футо-фунтов/с. Было определено, что электромотору с КПД, равным 100%, требуется 746 Вт электрической мощности, чтобы произвести одну

лошадиную силу механической мощности. Обратите внимание, что оценка работы в лошадиных силах основана на британских единицах измерения физических величин. Мера лошадиной силы на основании метрической системы немного отличается и составляет около 735 Вт.

Итак, теперь вы умеете рассчитывать количество потребляемой мощности электрическими приборами и в лошадиных силах, и в ваттах. В то же время, вы также можете рассчитать мощность двигателя своего автомобиля в ваттах (или киловаттах) вместо лошадиных сил: в наши дни это довольно полезный навык, поскольку мощность в ваттах признается во всем мире, а в лошадиных силах — не везде. 



Ссылка на блог по источникам питания  
Keysight Technologies



## ДИПОЛЬ представляет уникальный 3D-принтер SLA650 производства компании SHINING3D.

В основе технологического процесса 3D-печати установки заложен метод стереолитографии (Stereolithography – SLA) – отверждение жидкого фото полимера под воздействием лазерного излучения ультрафиолетового спектра. 3D-принтер ориентирован на промышленное применение и позволяет печатать изделия габаритами до 650 мм из широкого спектра различных пластиков. Основной сферой применения 3D-принтера SLA650 является низкосерийное и высокономенклатурное производство в области приборостроения – изготовление корпусных и крепежных элементов, быстрое прототипирование, а также литьевое производство – создание выжигаемых моделей под литье металла.

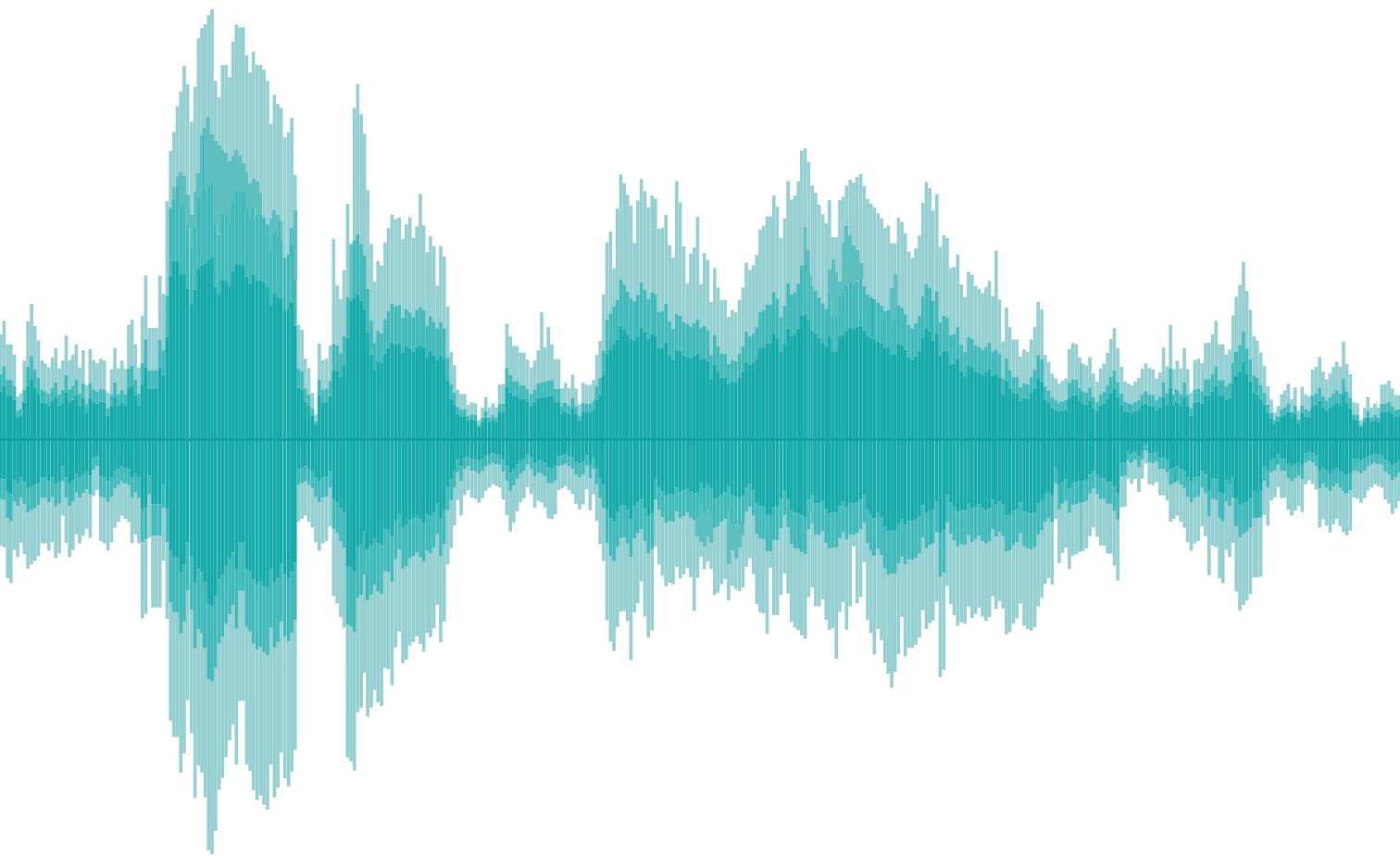
Объединяют в своем составе:

- ✓ Максимальный размер — построения 650X600X400мм (полная ванна);
- ✓ Максимальный — вес модели 10 кг;
- ✓ Точность —  $\pm 0.1\text{мм}$  (размер  $< 100\text{мм}$ ) /  $\pm 0.1\%$  (размер 100мм) (Точность может варьироваться в зависимости от параметров модели, геометрии и размеров детали, ориентации детали, и последующей обработки);
- ✓ Лазер — Твердотельный с тройной частотой Nd: YVO<sub>4</sub>;
- ✓ Длина волны — 355 nm;
- ✓ Размер пятна лазера — номинальный диаметр 0.08 - 0.12 мм;
- ✓ Скорость сканирования — 10м/с (макс); 6-10м/с (мин);
- ✓ ПО для подготовки — Materialise Magics;     ✓ Толщина слоя — 0.05мм (мин) - 0.25мм (макс);
- ✓ Габариты машины — 1220X1400X2000мм;     ✓ Вес — 1300 кг.

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург / Прага  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66

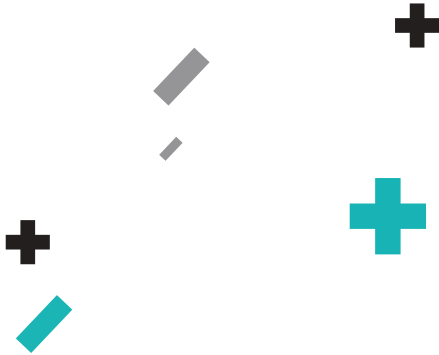
# DC offset

**Добавление постоянной составляющей сигнала  
на выход генератора функций**


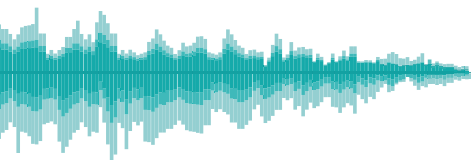




Максим Писковацков,  
руководитель направления измерительного  
оборудования общего назначения  
mvp@dipaul.ru



Подача постоянной составляющей на выход генератора функций необходима при различных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры. Результирующий сигнал, подаваемый на испытуемое устройство, представляет собой известную форму волны, наложенную на напряжение постоянного тока. Например, для проверки устойчивости схем к шуму, который может возникнуть на реальных рабочих напряжениях, можно использовать синусоидальную волну, добавленную поверх напряжения смещения. При испытании усилителя смещение транзистора можно производить с помощью постоянного напряжения, переменная составляющая которого располагалась бы поверх этого напряжения. Даже повторяющуюся серию униполярных импульсов, используемую для управления затвором полярного транзистора в DC/DC-преобразователях, принято рассматривать как импульсную последовательность с постоянным смещением. Так или иначе, в каждом из приведенных примеров испытаний необходимо наличие DC+AC-сигнала с различными требованиями к значению тока, напряжения и полосы пропускания.



Существуют разные методы генерации форм сигнала, наложенных поверх напряжения постоянного тока. Генератор функций может создавать форму волны со смещением постоянного тока. В случае необходимости подачи более высокого смещения можно использовать источник питания (ИП) постоянного напряжения, последовательно подключенный к генератору функций. Если требуется более высокая сила

тока, можно использовать управляемый генератор функций ИП постоянного тока с клеммами внешнего аналогового программирования. Также возможно применение трансформатора тока, управляемого генератором функций, для формирования сигнала переменного тока на выходе ИП постоянного тока. Наконец, некоторые ИП могут создавать формы переменного тока на собственных выходах постоянного тока.

### РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ DC/DC

Инженерам, работающим над созданием преобразователя DC/DC, в ходе эксперимента требуется частота переключения и управление уровнем затвора полевого транзистора. Для экспериментирования с управляющими сигналами схемы управления затвором полевого транзистора необходимо создание различных сигналов возбуждения, состоящих из импульсов и смещения постоянного напряжения. Используя встроенные органы управления генератора функций/сигналов произвольной формы Keysight 33522B, инженерам удалось создать требуемые формы сигнала с постоянной составляющей и возможностью изменения частоты, ширины и времени нарастания импульса.



## Метод использования только одного генератора функций

Большинство генераторов функций способны вносить поверх заданной формы сигнала постоянную составляющую (рис. 1). Однако из-за размещенных внутри аттенуаторов некоторые генераторы функций при установке малых значений ампли-

туды формы сигнала не способны выдать полный диапазон выходного напряжения постоянного тока. У последних моделей генераторов функций Keysight Technologies, Inc. данное ограничение отсутствует. Например, генератор функций/сиг-

налов произвольной формы Keysight 33522B может генерировать форму сигнала с постоянной составляющей в диапазоне от  $-5$  до  $+5$  В на нагрузке  $50$  Ом (от  $-10$  до  $+10$  В при разомкнутой цепи). То есть пользователь может выставить на приборе 33522B при выбранном значении нагрузки  $50$  Ом низкое значение амплитуды формы сигнала, равное  $10$  мВ пик-пик, и добавить максимально возможную постоянную составляющую  $4,995$  В. Несмотря на то, что это самый удобный способ получения сигнала с постоянной составляющей, некоторые испытания могут потребовать большее смещение. Поэтому, если необходим сигнал со смещением больше того, которое можно получить на генераторе функции, придется прибегнуть к другим методам.

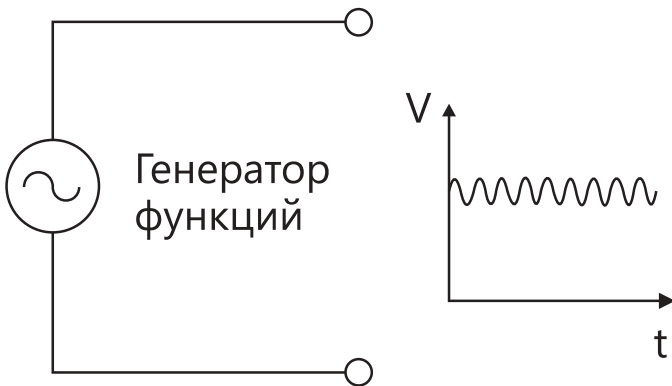
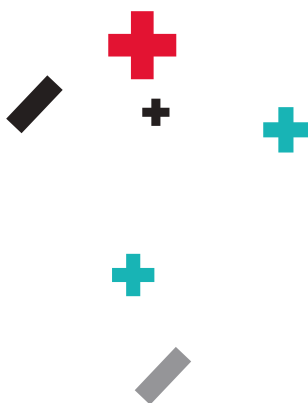


Рис. 1. Сгенерированный DC+AC-сигнал с использованием только одного генератора функций





Большинство генераторов функций оснащены выходными каналами с 50-Ом нагрузкой, что, по сути, является резистором с номиналом 50 Ом, который последовательно соединен с выходом внутри генератора функций. Такая схема позволяет минимизировать отражение сигнала при подключении коаксиального кабеля с характерным значением импеданса и конечной нагрузкой в 50 Ом. Выходной импеданс 50 Ом и 50-Ом нагрузка образуют делитель напряжения «два к одному». Следовательно, для получения выходного напряжения на 50-Ом нагрузке с величиной, равной заданному значению напряжения, фактическое внутреннее напряжение, воспроизводимое генератором функций, должно вдвое превышать установленное значение напряжения ( $V_{SET}$ ). Следует учитывать, что, если сопротивление нагрузки бесконечно (разомкнутая цепь), результирующее выходное напряжение будет в два раза больше пользовательского значения. И если значение сопротивления нагрузки ( $R_L$ ) отлично от 50 Ом, то фактическое выходное напряжение ( $V_{OUT}$ ) будет высчитываться по формуле:

$$V_{OUT} = 2V_{SET} [R_L / (50 + R_L)] \text{ (рис. 2)}$$

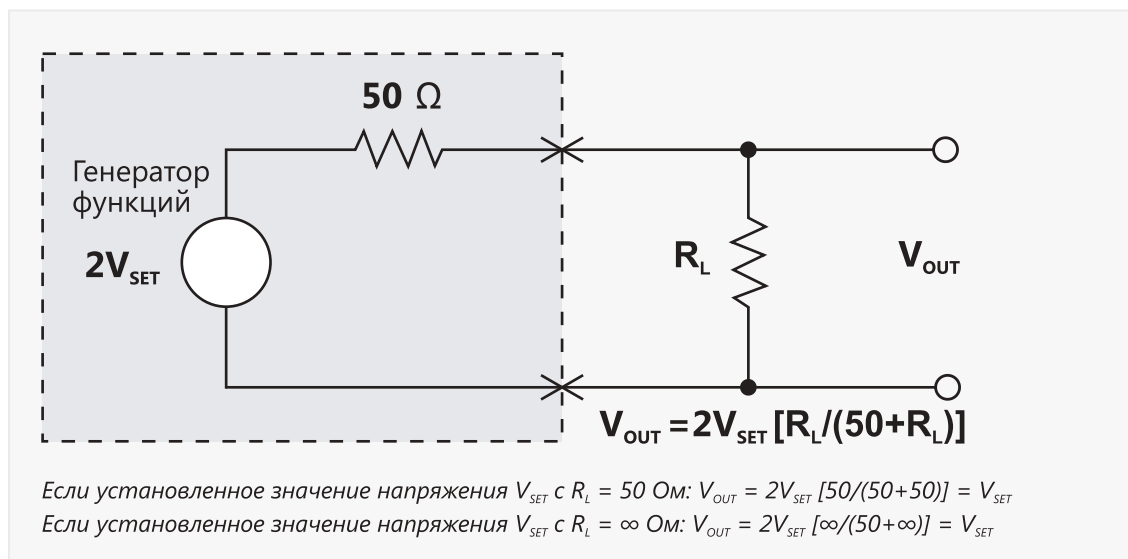


Рис. 2. Влияние на выходное напряжение выходного 50-Ом импеданса функционального генератора



## Метод использования источника питания, управляемого генератором функций

В этом способе для получения сигнала с большим смещением по постоянному току требуется ИП с внешним входом аналогового программирования. Напряжение, подаваемое на этот вход, усиливается ИП и производит пропорциональное напряжение на его выходных клеммах. Таким образом, можно подключить выход функционального генератора ко входу аналогового программирования и модулировать выходное напряжение ИП сигналом функционального генератора (рис. 3). Этот метод обеспечивает наибольшую гибкость установки напряжения смещения и величины тока для необходимой пользователю

нагрузки (определяются техническими характеристиками источника питания). Тем не менее характеристики большинства ИП постоянного тока накладывают существенные ограничения по полосе пропускания. В то время как генераторы функций могут производить формы волн в диапазоне МГц, выход большинства ИП постоянного тока имеет пропускную способность всего в несколько кГц. Таким образом, при использовании данного метода полученный сигнал с добавленной постоянной составляющей на выходе ИП будет иметь полосу пропускания всего в несколько килогерц.

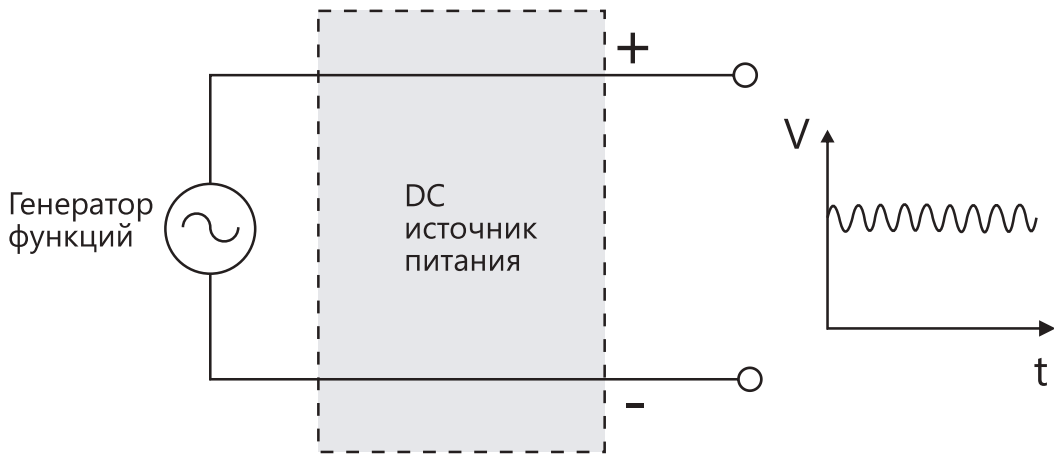


Рис. 3. Сигнал DC+AC, полученный с помощью генератора функций, приводит в действие вход аналогового программирования источника питания постоянного тока

## Метод использования трансформатора тока, управляемого генератором функций

Для извлечения всех преимуществ полного выходного напряжения и тока ИП в сочетании с более широкой полосой пропускания сигнала генератора функций можно подключить трансформатор тока, управляемый генератором функций, последовательно с выходом ИП. При этом необходимо выбрать трансформатор тока, способный поддерживать необходимую пропускную способность. Также следует убедиться, что трансформатор способен поддерживать максимальный постоянный ток, который будет протекать по нему к необходимой нагрузке. Схема подключения показана на рис. 4.

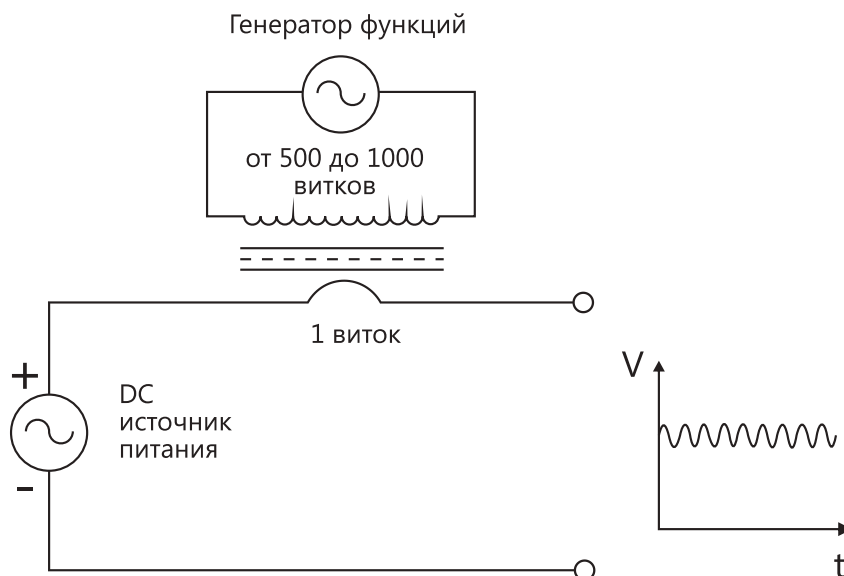


Рис. 4. DC+AC-сигнал, полученный с помощью источника питания постоянного тока, подключенного последовательно через трансформатор тока и управляемого функциональным генератором

## Метод использования генератора функции, подключенного последовательно с источником питания

При необходимости создания сигнала с постоянной составляющей, напряжение смещения которого превышает значение, задаваемое на генераторе функций, можно использовать последовательное соединение ИП постоянного тока с генератором функций (рис. 5). При использовании данного метода, наряду с гибко-

стью установки уровня постоянного тока, обеспечиваемого источником питания, сохраняются возможности полной пропускной способности генератора функций. Однако этот метод имеет несколько существенных ограничений. Выход генератора функций может иметь изоляцию от корпуса или быть заземленным.

При наличии изоляции существует параметр, указывающий на максимальный уровень напряжения, которое разрешено подавать на выход. Например, изолированный от корпуса выход Keysight 33522B выдерживает напряжение до  $\pm 42$  В. Это означает, что если последовательно подключить источник постоянно-

го тока к выходу функционального генератора, смещение постоянного тока должно быть меньше  $\pm 42$  В. Если выход генератора функций внутренне подключен к заземлению, то выходное напряжение ИП должно быть изолировано от заземления (если не планируется подключение узлов заземления вместе). Подавляющее большинство ИП Keysight имеет изолированные от земли выходы со значением плавающего напряжения  $\pm 240$  В.

Другим ограничением использования этого метода является то, что ток, доступный для пользователь-

ской нагрузки, ограничен выходным током выбранного генератора функций, так как ток нагрузки должен протекать через ИП и генератор функций.

Кроме того, большинство генераторов функций имеют выходной импеданс номиналом 50 Ом, т. е. любой ток нагрузки будет протекать через это сопротивление, которое, в свою очередь, будет формировать делитель напряжения с импедансом нагрузки. Поэтому следует обязательно отрегулировать соответствующее выходное напряжение источника постоянного тока.

Генератор функций

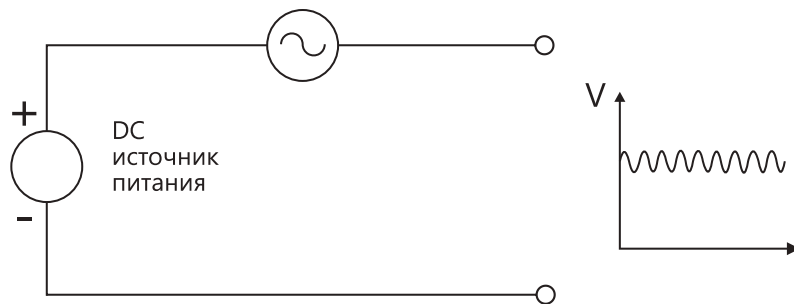


Рис. 5. DC+AC-сигнал, полученный с помощью последовательного соединения функционального генератора с источником питания постоянного тока

Генераторы функций произвольной формы Keysight 33210A (серии 33500B и 33600A) позволяют вводить значение для ожидаемого сопротивления нагрузки ( $R_L$ ) в диапазоне от 1 Ом до 10 кОм или бесконечно. При изменении данного параметра генератор функций автоматически отрегулирует внутреннее производимое напряжение для учета делителя напряжения, образованного 50-Ом резистором и таким сопротивлением нагрузки, при котором значение  $V_{OUT}$  равно установленной величине напряжения. Такая настройка применяется к части переменного тока выходного сигнала функционального генератора и обеспечивает смещение постоянного тока.

## Метод использования источника питания со встроенным генератором сигналов


Если необходимо обеспечить напряжение или ток со значениями, превышающими максимальные значения на генераторе функций, а требования к частоте невелики (до нескольких килогерц), стоит задуматься об использовании ИП со встроенным генератором сигналов. Анализатор мощности Keysight N6705A DC способен производить произвольные формы сигналов поверх своих выходных напряжений постоянного тока без необходимости

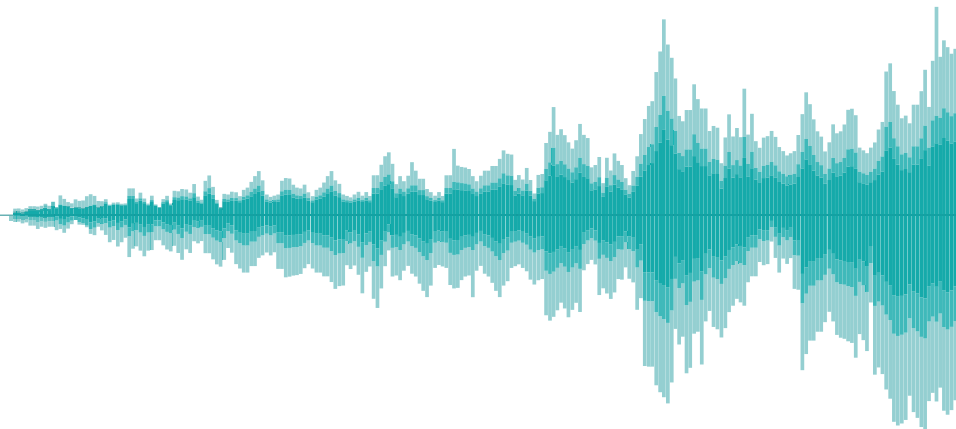
использования какого-либо внешнего оборудования (например, генератора функций или трансформатора тока). Поскольку такая возможность полностью интегрирована в продукт, это самый удобный способ для получения сигналов данного типа. Однако, поскольку в действительности выходы являются ИП постоянного тока, пропускная способность также будет ограничена величиной в несколько килогерц.



### Вывод

Потребность в добавлении постоянной составляющей на выход функционального генератора возникает при различных испытаниях. Существует несколько способов решения этой задачи, и каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, влияющие на выходное напряжение, ток, пропускную способность и простоту реализа-

ции. Генераторы функций Keysight предоставляют возможность задавать смещение постоянного тока по всему диапазону выходного напряжения даже с малым значением амплитуды сигнала. Окончательный выбор метода будет зависеть от конкретных потребностей пользователя, имеющегося оборудования и времени. 

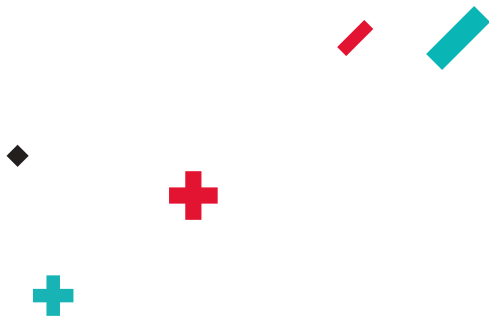


# Люди бьются за металл

Использование фотополимерных моделей для литья металлов







Современные предприятия все меньше зависят от ручного труда. Высокотехнологичные решения приводят к сокращению работников и увеличению использования эффективных машин, а точное литьевое производство сейчас немислимо без аддитивных технологий и 3D-оборудования.



Антон Шаронов,  
главный технолог  
SharonovAA@dipaul.ru

Сегодня, например, для получения точных изделий в кратчайшие сроки применяется технология литья по выжигаемым и выплавляемым моделям. Предлагаем краткий обзор применения аддитивных решений в таком направлении, как «Литье по выплавляемым и выжигаемым моделям».



Рис. 1. Образец сетчатой структуры QC

## Варианты получения мастер-модели

### QuickCast (QC) — быстрое литье

Данное решение связано с технологией стереолитографии (SL), позволяющей создавать высокоточные полые изделия с сетчатой структурой. Один из наиболее популярных способов, служащих для получения как выжигаемых моделей, так и мастер-моделей. Хорошее качество поверхности и высокая точность моделей, экономичность процесса делают востребованной эту технологию. За счет сетчатой структуры QC не оказывает давления на стенки формы при выжигании. Кроме того, благодаря сетчатой структуре расходуется в несколько раз меньше материала относительно реального объема детали, что позволяет успешно применять QC и при литье в гипс.



Рис. 2. Пример изделия, построенного по технологии DLP

### Отверждение светом (DLP и аналоги)

Один из вариантов SL-технологии (аналог QC). При работе применяется фотополимер, отверждаемый с помощью света (волны разной длины). Многие компании разрабатывают специальные материалы для DLP с возможностью легкого выжигания. В связи с высокой ценой материала технология чаще используется при выжигании объектов небольшого размера (стоматология, ювелирное производство и т. п.).



Рис. 3. Пример изделия, построенного по технологии MJ

### Впрыскивание материала (material jetting, MJ)

По технологии MJ материал подается на платформу из печатающей головки с большим количеством сопел (по аналогии со струйной печатью обычного принтера). Позволяет с хорошей скоростью получать точные изделия. Технология наиболее популярна при производстве небольших изделий (стоматология, ювелирное производство и т. п.).

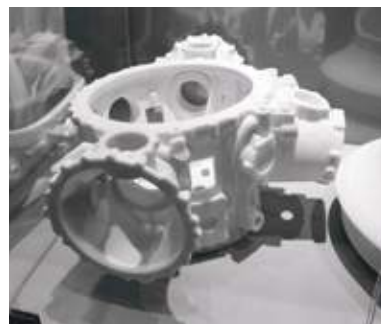


Рис. 4. Пример изделия, построенного по технологии SLS PS

### Лазерное спекание (SLS)

При селективном лазерном спекании происходит спекание мелкодисперсного порошкового материала с помощью лазера. SLS-машина использует полистирол, который чаще всего пропитывается воском. Данная технология не позволяет обеспечить высокое качество поверхности и точность, но характеризуется невысокой стоимостью и возможностью построения больших объектов.



### Струйная печать (Voxeljet)

Своеобразный гибрид MJ- и SLS-технологий, когда деталь формируется по принципу струйной печати, а затем пропитывается восковым составом. Детали, полученные с помощью данной технологии, называют полиметилметакрилат (ПММА).

Итак, мы рассмотрели варианты получения мастер-модели, применяемой при литье металлов по выплавляемым выжигаемым моделям. Существуют и другие технологии (например, производство форм для прямой заливки или получения частей форм оснастки), но это тема следующей статьи.

Технология SLA (стереолитография) также успешно применяется для быстрого изготовления пластиковых деталей для нужд прототипирования при разработке новых изделий, функционального тестирования, замены пластиковых корпусных и крепежных изделий.

Помимо этого, стереолитография используется и для оптимизации литьевых процессов — изготовление высокоточных мастер-моделей с низкой зольностью существенно сокращает производственные издержки литьевого производства и оптимизирует структуру производственного цикла.

В медицинской сфере SLA-технология позволяет печатать пластиковые модели в рамках предоперационного планирования, пластиковые шаблоны при проведении операций, изготавливать кастомизированные ортезы и протезы.



## От теории — к практике

«Диполь» является поставщиком 3D-оборудования для разных областей промышленности. В задачи компании входит не только поставка, пусконаладка, обучение персонала и сопровождение при работе с 3D-оборудованием, но и производственный аудит промышленной пригодности аддитивных решений в компании заказчика. Рассмотрим использование нашего 3D-оборудования на одном из предприятий для получения высокоточной отливки из алюминия по выжигаемой модели QC (SLA-технология компании

Shining 3D, ведущего разработчика и производителя в направлении 3D-печати и сканирования, а также крупнейшего поставщика услуг по прототипированию).

Образцы для проведения испытаний были получены на SLA-принтере SH3D iSLA-450 PRO (зона построения 450×450×350 мм). Данная машина, оснащенная немецкой системой сканирования ScanLab, американским лазером и японской электроникой, позволяет с легкостью выполнять необходимые по качеству функциональные модели.

Кроме того, широкий выбор материалов для этой машины позволяет получать детали с такими важными характеристиками, как термостойкость (до 268°), эластичность, повышенная прочность. В последнее время все чаще находят применение и биосовместимые материалы. Благодаря вышесказанному принтер SH3D iSLA-450 PRO нашел применение практически во всех известных отраслях — автомобилестроении, авиастроении, приборостроении, кораблестроении, медицине, дизайне, маркетинге и многих других сфе-

рах деятельности. В нашем случае использовался Somos WaterShed 11120 (производства компании Dutch State Mines, DSM) — полупрозрачный материал, разработанный специально для получения прототипов (в том числе характеризуется низкой зольностью). Характеристики материала приведены в таблице.



Рис. 5. Изделие из материала Somos WaterShed 11120

Таблица. Характеристики материала Somos WaterShed 11120

Предел прочности при разрыве	47,1–53,6 МПа
Удлинение при разрыве	11–20 %
Модуль упругости	2,650–2,880 МПа
Предел прочности при изгибе	63,1–74,2 МПа
Модуль упругости при изгибе	2,040–2,370 МПа
Водопроницаемость	0,35 %
Плотность	~1,12 g/cm <sup>3</sup> @ 25 °C
Вязкость	~260 cps @ 30 °C
Дополнительно	Оптическая прозрачность

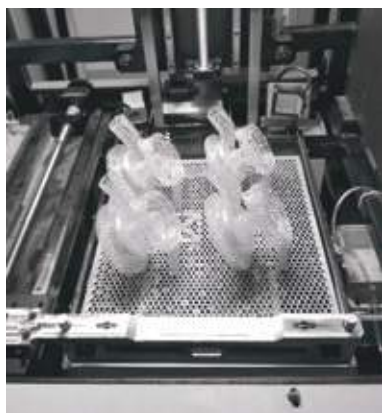


Рис. 6. Крышка насоса (QC)

Для изготовления выбрана несложная деталь с условным названием «крышка насоса». Было решено изготовить четыре образца с различными усадками под алюминий (для двух образцов была заложена усадка 1,8 %, для двух других — 2,4 %).

Сначала детали были напечатаны, что заняло около 6 ч. На рис. 7 показаны напечатанные образцы. Точность напечатанных изделий составила 0,1 мм.



Рис. 7. Крышка насоса (QC) — два образца

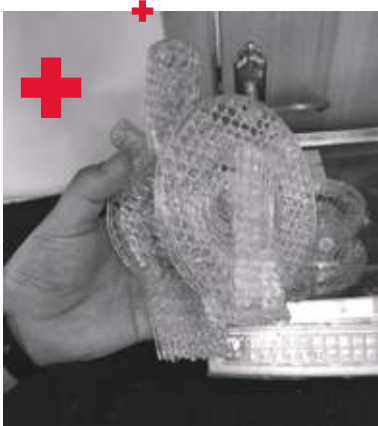


Рис. 8. Отмытый образец с поддержками



Рис. 9



Рис. 10

Далее детали промыли, продули воздухом через специальные технологические отверстия для удаления остатков материала, затем на 40 мин поместили в печь дополимеризации, чтобы придать им большую прочность. После этой процедуры готовые детали передали на литьевое производство для напайки на так называемое «дерево».

Процесс создания формы осуществляется по стандартным технологиям, описание которых можно опустить. Следует указать, что необходимо запаять все технологические отверстия (для этого предпочтительна смола с использованием УФ-устройства или восковая смесь).

Затем литниковая система припаивается к детали и крепится на стояк. В порядке эксперимента мы позволили себе использовать один стояк для одной детали. Применяемая оболочковая форма состояла из кварцевого песка и связующего состава на водной основе.

Дальнейший стандартный процесс литьевого производства состоит из следующих этапов:

- напайка литников и питателей (рис. 9);
- создание литниковой системы (рис. 10);
- создание первых слоев оболочковой формы (рис. 11);
- сушка формы (рис. 12);
- передача полученной формы на последующее выжигание (рис. 13).



Рис. 11



Рис. 12



Рис. 13





Выжигание модели — один из наиболее важных процессов. При этом следует максимально сократить время операции, чтобы исключить повреждение формы и обеспечить равномерное и полное выжигание материала. Для исполнения этих требований есть несколько рекомендаций. Важно помнить, что при изготовлении крупногабаритных деталей необходимо создавать технологические отверстия для удаления газов. Впрочем, эту процедуру можно проводить и при работе с небольшими деталями. Поскольку существует много факторов, влияющих на качество корки и зольность (общий объем, толщина стенок, плотность внутренней сетчатой структуры и т. д.), каждое производство со временем вырабатывает свои режимы работы. Считается, что оптимальной для выжигания фотополимера является температура 815–1000 °С. Зарубежные производители рекомендуют использовать автоклав, так как он дает более качественный и стабильный результат при небольших временных затратах. В нашем случае была печь с терморегулятором, при этом применялся так называемый полочный режим выжигания, с нагревом и без охлаждения (рис. 14).

Существуют разнообразные режимы выжигания. Каждое производство определяет выбор конкретного режима исходя из имеющихся технологий. Например, при использовании быстрого режима выжигания необходимо создать технологические отверстия для газоотведения. Мы использовали программируемую печь с длительным технологическим

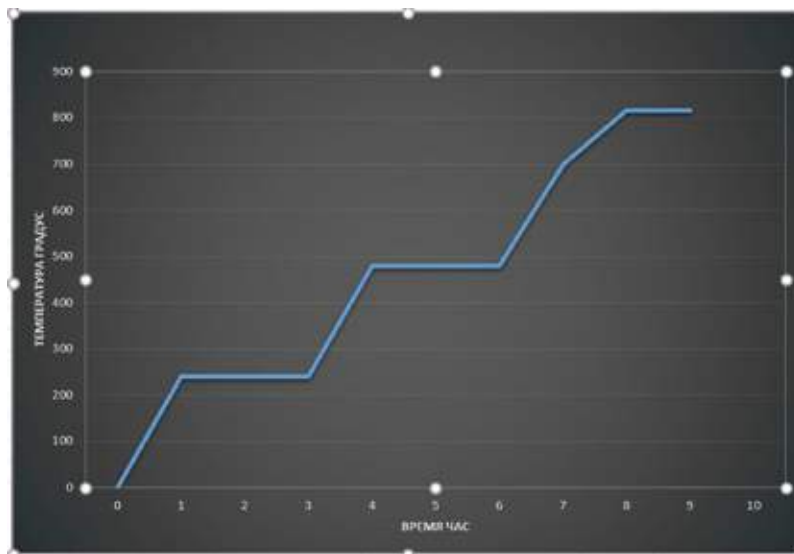


Рис. 14. Схема выжигания

### Asn Content at 816°C (1500°F)

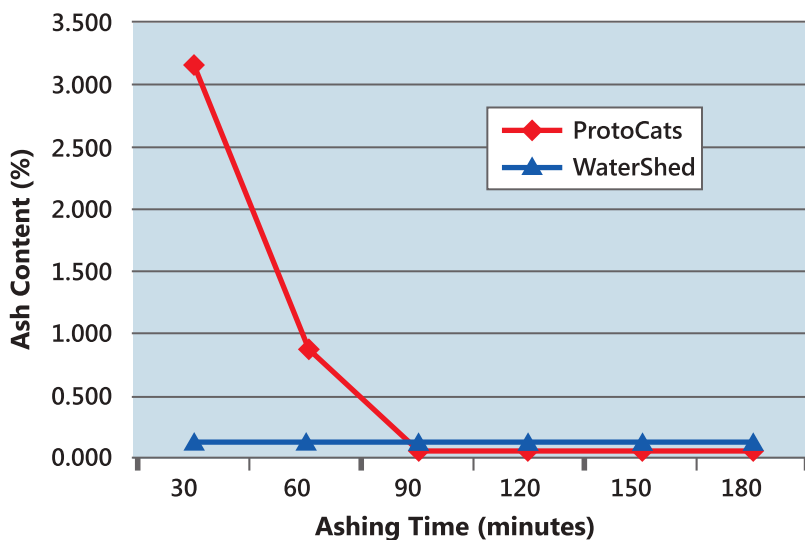


Рис. 15. График технической спецификации фотополимера

режимом (более 9 ч). Параллельно создаем еще пару оболочковых форм для работы. По технической спецификации наш материал обла-

дает очень низкой зольностью (график технической спецификации демонстрирует зольность ниже 0,1 %, рис. 15).

При разломе формы можно убедиться в действительной зольности (рис. 16, 17).

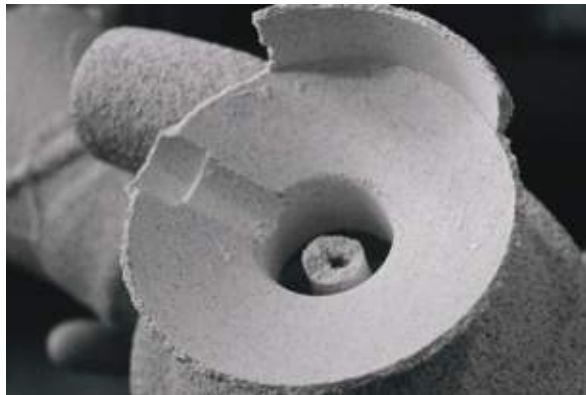


Рис. 16, 17. Минимальная зольность оболочковой формы

SLA-технология предоставляется компанией Shining 3D, ведущим производителем в направлении 3D-печати и 3D-сканирования.

Как видно на фото, зольность действительно незначительная, поэтому на дальнейших этапах от ее остатков можно легко избавиться продуванием воздухом. Возможность уже на этапе отливки создать шероховатость меньше 3 мкм по Ra

в некоторых ситуациях позволяет получать конечное изделие без дальнейшей постобработки. На рис. 18, 19 видно качество формы, которое можно получить при использовании надлежащих материалов и оборудования.

После выжигания образца форма отдается в прокатку и подготовку для заливки алюминия (заливка производится в разогретую форму).



Рис. 18, 19. Оболочковая форма с высоким качеством поверхности



Рис. 20. Отливка из алюминия

Полученную отливку необходимо сравнить с полученной 3D-моделью (без усадочного коэффициента). Для этого используется лазерный ручной сканер FreeScan X7. Трехмерное оборудование позволяет меньше чем за 1 ч получить информацию о поле отклонений, что очень удобно для понимания, по какому качеству была получена отливка.

Подводя итоги проведенной работы, можно отметить следующие преимущества SLA-технологии (Shining 3D) и модели QC:

1. Скорость. Готовую отливку из металла можно получить уже через 3–4 дня, что существенно сокращает дальнейший цикл создания изделия, позволяя в сжатые сроки перейти к его испытаниям, после чего либо внести необходимые правки, либо отправить изделие в тираж.

2. Точность. Высокоточные 3D-принтеры позволяют получать отливки с очень высокой точностью, в нашей ситуации — третий квартал точности (ГОСТ 26645-85).


3. Качество поверхности внутренних каналов. Шероховатость конечной отливки составляет меньше 3 мкм по Ra, что позволяет избежать механической обработки в труднодоступных местах. 



Рис. 21. 3D-принтер ISLA-450 Pro Shining 3D



Рис. 22. 3D-сканер FreeScan X7 Shining 3D

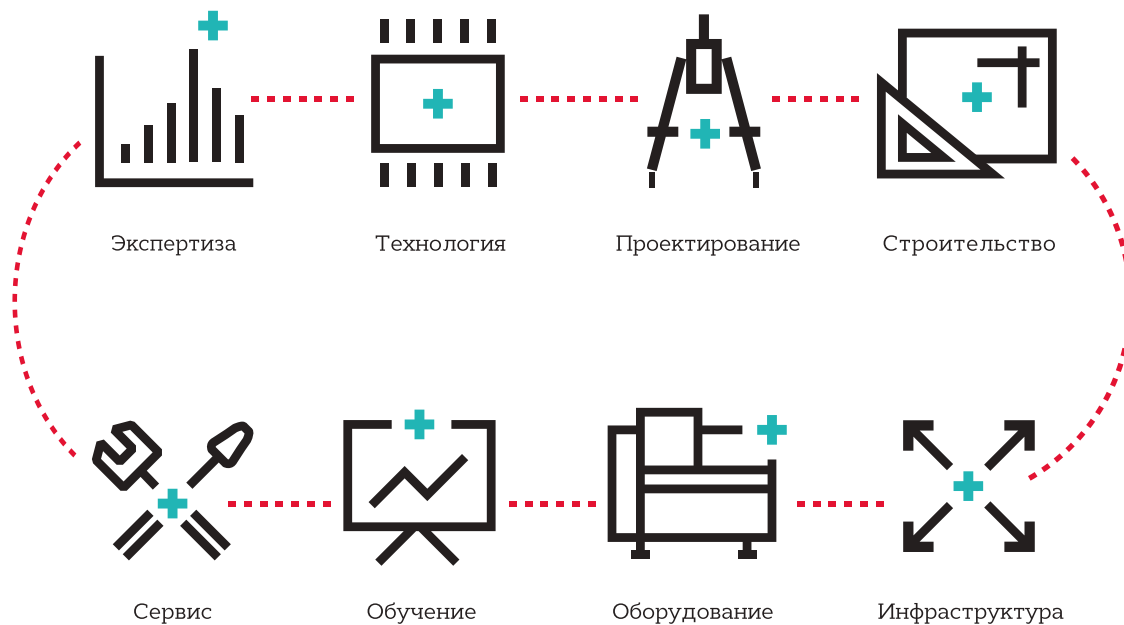
Технические параметры трехмерного ручного сканера FreeScan X7

	ISLA-450 PRO
Размер зоны построения	450×450×350 мм
Тип лазера	Nd: YVO4. (500 мВт)
Скорость сканирования	До 10 м/с
Точность	0,1 % от линейного размера
Материалы	Фоточувствительная смола
Программы	Eplus 3D, Magics
Скорость построения	До 100 см <sup>3</sup> /ч

	FREESCAN X7
Точность снимка	0,03 мм
Объемная точность (до)	0,020 мм + 0,025 мм/м
Скорость сканирования	480 000 точек/с
Источник света	14-лучевой лазерный луч
Вес	0,95 кг
Размер	130×90×310 мм

# **+ Отраслевой интегратор**

**Решение ключевых задач при создании предприятия по производству радиоэлектронной аппаратуры**



[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)





#### САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Россия,  
197101, Санкт-Петербург,  
ул. Рентгена, д. 5б

Тел./факс: (812) 702-12-66  
E-mail: [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)

#### МОСКВА

Россия,  
127254, Москва,  
Огородный проезд, д. 20, стр. 1

Тел./факс: (495) 645-20-02  
E-mail: [msk@dipaul.ru](mailto:msk@dipaul.ru)

#### НИЖНИЙ НОВГОРОД

Россия,  
603057, г. Нижний Новгород,  
пр. Гагарина, д. 50, корпус 15, офис 106/2

Тел./факс: (831) 464-97-27  
E-mail: [nnov@dipaul.ru](mailto:nnov@dipaul.ru)

#### ЕКАТЕРИНБУРГ

Россия,  
620027, Екатеринбург,  
ул. Азина, д.24, офис 609

Тел./факс: (343) 227-12-66  
E-mail: [ekb@dipaul.ru](mailto:ekb@dipaul.ru)

#### ПРАГА

Czech Republic,  
150 00 Prague 5,  
Plzenska 155/133

Tel./fax. +420 2 5573 9633  
E-mail: [info@dipaul.eu](mailto:info@dipaul.eu)



[info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)

**ЭКСПЕРТ+**  
ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ