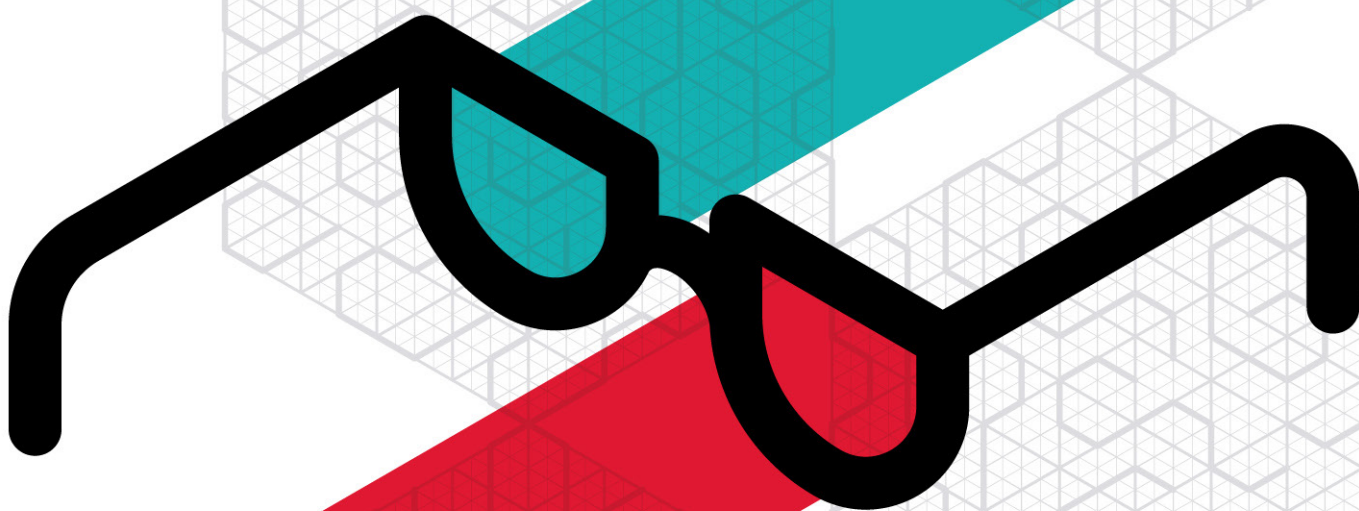


ОКТАБРЬ | 2024 | № 7

ЭЛЕКТРОННЫЙ ДАЙДЖЕСТ

# ЭКСПЕРТ+



Технологии



Отечественные разработки для автоматизации поверочных и измерительных процедур

[> Подробнее](#)

Новость



В городе Шэньчжэнь (КНР) на базе Китайского института стандартизации в электронике (CESI) состоялась ежегодное заседание Технического комитета МЭК TC 101 Electrostatics.

В мероприятии в качестве международных экспертов по стандартизации в области электростатики приняли участие представители группы компаний «Диполь».

[> Подробнее](#)

Новость



В Российской Федерации впервые введены требования по антистатической защите в медицинских учреждениях.

С 1 октября вступает в действие новый межгосударственный стандарт — ГОСТ 61340-6-1-2024 «Электростатика. Антистатический контроль в медицинских учреждениях. Общие требования».

[> Подробнее](#)

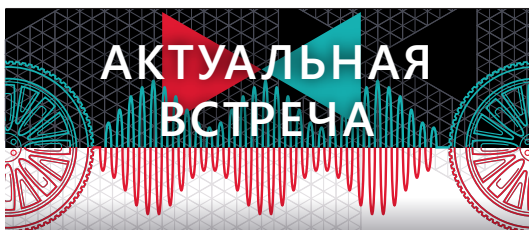
Событие



В июне в парк-отеле «Свежий ветер» в Московской области состоялась XIII Всероссийская научно-техническая конференция «Электромагнитная совместимость-2024». Ключевой темой прошедшей встречи стало «Обеспечение ЭМС на современном этапе и защита РЭА от воздействия мощных электромагнитных импульсов».

[> Подробнее](#)

Событие



В конце июня в Москве проходила выставка «Электроника-Транспорт-2024».

В рамках мероприятия группа компаний «Диполь» провела круглый стол, посвященный вопросам обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) в области промышленности, науки и технологии применения электротранспорта.

[> Подробнее](#)

Технологии



Быстрые темпы роста электронной промышленности во всем мире приводят к активной цифровизации и оптимизации во всех областях деятельности. Но позитивные изменения сопровождаются и негативными процессами.

[> Подробнее](#)



Событие



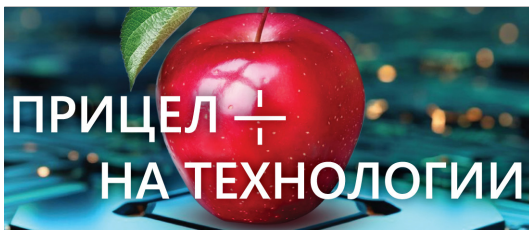
В Екатеринбурге на площадке «Екатеринбург-ЭКСПО» прошла 14-я международная промышленная выставка «Иннопром».

Группа компаний «Диполь» приняла участие в этом масштабном событии в области промышленности и технологий.

[> Подробнее](#)



Событие



С 12 по 14 августа на территориях конгрессно-выставочного центра «Патриот» и аэродрома «Кубинка» прошла выставка оборонно-промышленного комплекса «Армия-2024». Среди участников форума — компания «Диполь», один из ведущих разработчиков решений для высокотехнологичных проектов и технологический партнер предприятий российской промышленности.

[> Подробнее](#)



Технологии



Аддитивные технологии в инструментальном производстве

[> Подробнее](#)



Новость



В России разработан и введен в действие новый межгосударственный стандарт, регулирующий испытания одежды на соответствие требованиям по антистатической защите, — ГОСТ IEC TS 61340-4-2-2024 «Электростатика. Методы испытаний для прикладных задач. Электростатические свойства одежды».

[> Подробнее](#)



Событие



С 23 по 28 сентября в Парке науки и искусства «Сириус» состоялся Российский форум «Микроэлектроника-2024».

[> Подробнее](#)



Новость



- Геликонный плазменный ракетный двигатель. Разработано в России
- Удивительный метод преобразования света в электричество
- Призрак имеет массу

[> Подробнее](#)

Корпоративное информационное издание компании «Диполь».

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».

Подписка и обращения осуществляются запросом в произвольной форме на электронный адрес: expert@dipaul.ru

**Редакционный совет:**  
Дарья ЖИНДЕЦКАЯ  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Николай ЕРЁМКИН  
Иван БОРОВЛЕВ

**Главный редактор:**  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
**Арт-директор:**  
Николай ЕРЁМКИН  
**Дизайн:**  
Николай ЕРЁМКИН



**METLAB**

**Отечественные разработки  
для автоматизации  
поверочных и измерительных  
процедур**



Александр Кондратьев,  
руководитель проектов  
KondratevAS@pg-spb.ru

# — ВАШИМ ЗАЯВКАМ

КИ  
ЛЬНЫХ

Стремительное развитие технологий предъявляет метрологическим лабораториям все более жесткие требования. Точность и надежность результатов поверки, обязательное ведение обширной документации требуют колоссальных трудозатрат. В этих условиях автоматизация поверочных процессов приобретает ключевое значение для метрологических лабораторий.

## Не саженью единой

Ребенок, едва появившийся на свет, часто еще не имеет имени, но уже получает свои первые измерения: вес, рост, температура. Так, сами того не подозревая, с первых дней жизни мы имеем дело с метрологией. Измерения сопровождают нас практически во всех сферах жизни — от исследований состояния здоровья до проверки качества продуктов и окружающей среды.

Важность систематизации измерительных процессов прослеживается от стародавних времен до технологических процессов наших дней. В старину расхождения в трактовках длины сажени или пяди легко становились поводом для разногласий на ярмарках. В современных реалиях есть и конкретные примеры катастрофических последствий от ошибочных расчетов. В соответствии с ними космический модуль NASA должен был пролететь над поверхностью Марса на высоте 140 км, однако он вторгся в атмосферу планеты на 57 км и сгорел. Расследование показало, что при подготовке запуска две группы специалистов пользовались разными единицами измерения — британскими (имперскими) и метрическими.



*Экспонаты Метрологического музея при Институте метрологии им. Д. И. Менделеева*

Решению задач по обеспечению единства измерений посвятили свою деятельность многие государственные деятели. В Санкт-Петербурге, в старейшем научном учреждении России — Институте метрологии им. Д. И. Менделеева — находится единственный в стране Метрологический музей. Здесь собраны уникальные старинные образцовые меры, весы и другие измерительные приборы, рассказывающие об истории измерений в России и других странах. Значительная часть экспонатов музея связана с метрологической деятельностью всемирно известного ученого Дмитрия Менделеева, который с 1892 года и до конца своей жизни возглавлял первое научное метрологическое учреждение России — Главную палату мер и весов. Созданная им система заняла одно из первых мест в Европе. В настоящее время Россия обладает высоким уровнем метрологической системы: ее эталонная база содержит 114 государственных эталонов и более 70 установок высокой точности.

## Зачет — автоматом

Метрология незримо, но весомо вплетена в процесс производства высокотехнологичных изделий — от проектирования до поставки. Достоверное подтверждение параметров продукции находится в прямой зависимости от качества проводимых измерений.

При этом в современных условиях и стремлении к технологической независимости в различных отраслях промышленности все более возрастает значение автоматизации бизнес-процессов. Особенно это заметно в производстве наукоемкой продукции: программные решения определяют новые подходы в технологических процессах, значительно повышая их эффективность.

Продолжительное время лидером в сфере метрологического программного обеспечения (ПО) был продукт MetCal от компании Fluke. Другие разработки, частично повторявшие отдельные функции MetCal, были преимущественно связаны с ведением электронных журналов и после ухода Fluke с российского рынка не смогли стать альтернативой в части автоматизации поверки и систематизации ее результатов.

Ориентируясь на возникшие запросы и опираясь на большой опыт внедрения автоматизированных поверочных стандов на базе MetCal, компания «Диполь» разработала программное обеспечение METLAB, полностью адаптированное к российским условиям, обладающее широким функционалом и бесперебойной технической поддержкой для эффективной деятельности метрологической службы.

Данное ПО может быть применено в двух основных форматах:

1. После прохождения углубленного обучения у разработчика клиент самостоятельно создает процедуры поверки.
2. Команда разработчика готовит необходимые поверочные процедуры с учетом эталонного парка заказчика и обучает сотрудников заказчика только на уровне пользователей.

В 2022 году компанией «Диполь» было представлено ПО METLAB с возможностью создания автоматизированных процедур измерений, ведения учета средств измерений, эталонов, информации о заказчиках, автоматизированного формирования протоколов, актов и т. д.



К числу преимуществ этой отечественной разработки можно отнести:

- Совместимость с операционными системами Windows и Linux. Это условие является принципиальным для многих компаний, особенно для предприятий с повышенными требованиями безопасности.
- Наличие сертификации соответствия, согласно которой METLAB отвечает требованиям нормативной документации на программное обеспечение.
- В METLAB интегрированы все типы средств измерений Государственного реестра, что упрощает ведение необходимой документации.
- Возможность работы не только с дорогостоящими оригинальными контроллерами, но и с более доступными аналогами, что существенно снижает затраты на оснащение поверочных лабораторий. Контроллеры позволяют устанавливать соединения между приборами и компьютером и осуществлять управление приборами с помощью компьютера. Например, самым удобным и популярным интерфейсом является GPIB, прообраз METLAB — ПО METCAL — совместим только с оригинальными контроллерами GPIB (с примерной стоимостью от 100 тыс. руб.). Разработка METLAB может функционировать с контроллерами фирмы Keysight или с китайскими аналогами (от 30 тыс. руб.).
- Программа METLAB поддерживает сетевое подключение и совместима с модулем машинного зрения для автоматического считывания показаний с цифровых мультиметров. Все это позволяет максимально автоматизировать процесс поверки, исключить человеческие ошибки и повысить достоверность результатов.
- Являясь эффективным аналогом зарубежных решений, ПО METLAB обеспечивает такие преимущества, как сокращение времени на поверку, упрощение документооборота, повышение производительности и качества работы.
- METLAB гораздо больше адаптирован к российскому рынку в отличие от зарубежных аналогов.



Примеры готовых стенов



## Поверка практикой

В 2021 году крупному отечественному научно-производственному предприятию (НПП) потребовалось оснастить метрологическую службу комплексом автоматизированных поверочных станций. Для выполнения этой задачи компания «Диполь» поставила эталонное метрологическое оборудование производителей Keysight и Fluke.

После ухода западных разработчиков автоматизация на базе ПО Metcal для российских пользователей была серьезно затруднена. На тот момент разработка METLAB еще не прошла полноценного тестирования, но уже могла применяться для определенного спектра задач.

Таким образом, работа метрологической службы заказчика продолжилась, а программное обеспечение «Диполь» успешно прошло «проверку боем».

На данный момент на территории НПП функционируют десять станций, шесть из которых созданы на базе METLAB: источники питания, генераторы и анализаторы импульса, частотомеры, анализаторы спектра, векторные анализаторы цепей, анализаторы фазовых импульсов.

При обсуждении оснащения метрологической службы данного предприятия следует отдельно упомянуть станцию поверки измерителей мощности. Дело в том, что в большинстве методик поверки измерителей мощности используются: генератор, делитель мощности и эталонный преобразователь (метод сличения). Разработанный «Диполь» метод поверки заключается в применении векторного анализатора цепей (ВАЦ) в качестве эталона мощности (вместо всего перечисленного).

Де-факто поверочная станция на основе этого метода уже реализована и успешно функционирует. Осталось аттестовать ВАЦ N5245B в качестве эталона, чтобы результаты поверки на станции были признаны юридически. Для успешной аттестации станции необходимо доказать, что погрешность ВАЦ не выходит за пределы, указанные в поверочной схеме эталонов. Для решения этой задачи создана специальная программа проведения многократных измерений, которая позволяет получать большие выборки результатов измерений в десятки раз быстрее, чем при работе в ручном режиме.

У этого метода поверки имеется значительный потенциал для привлечения к сотрудничеству многих других метрологических лабораторий. Независимо от выбранного метода поверки векторный анализатор цепей в любом случае требуется для измерения КСВН (коэффициент стоячей волны по напряжению), но использование ВАЦ в качестве калибратора мощности освобождает от необходимости расширять парк оборудования (генератор, делитель мощности, эталонный преобразователь). Кроме того, опыт компании «Диполь» по аттестации ВАЦ и разработанное ПО позволяют проводить объемные измерения для определения погрешности ВАЦ в короткие сроки. А это еще одно значительное преимущество.



# На языке единых терминов



В городе Шэньчжэнь (КНР) на базе Китайского института стандартизации в электронике (CESI) состоялось ежегодное заседание Технического комитета МЭК TC 101 Electrostatics.

В мероприятии в качестве международных экспертов по стандартизации в области электростатики приняли участие представители группы компаний «Диполь».

# ке ных ов

В первый день пленарного заседания, проходившего с 24 по 28 июня, в Международной конференции по электростатическим технологиям приняла участие делегация из России, в состав которой вошли эксперты МЭК — председатель национального Технического комитета по стандартизации ТК 072 «Электростатика» Анатолий Кривов (АО «НПФ «Диполь») и генеральный директор ООО «ЕСД-Эксперт» Дмитрий Трегубов.



Представители ГК «Диполь» также стали участниками обсуждений в рабочих группах, где были рассмотрены проекты подготовленных стандартов, обсуждены предложения по внесению изменений в несколько действующих стандартов, предложены пути развития международной стандартизации в области защиты электроники от электростатических разрядов. Большое внимание было уделено новому стандарту IEC 61340-5-6 «Электростатика. Часть 5-6. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Методы оценки процесса» («Electrostatics — Part 5-6: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — Process assessment techniques»), реализующему процессный подход к организации антистатической защиты на основе анализа и управления рисками.

## Международная стандартизация

Еще одним результатом стало принятие решения о начале работы по пересмотру одного из базовых стандартов по защите электронных устройств от электростатических явлений IEC 61340-5-2 «Электростатика. Часть 5-2. Защита электронных устройств от электростати-

ческих явлений. Руководство по применению» (Electrostatics — Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena — User guide) с выходом первой редакции документа в феврале 2025 года.



Отдельно проходило заседание рабочей группы по разработке стандарта EC TR 61340-1-1 ED1 — «Электростатика. Часть 1-1. Электростатические явления. Ошибки измерений, неопределенность и выражение результатов измерений» («Electrostatics — Part 1-1: Electrostatic phenomena

— Measurement errors, uncertainties and expression of results»). Первая представленная версия стандарта собрала множество редакционных и технических отзывов и предложений, и это обсуждение привлекло значительное количество заинтересованных экспертов и технических специалистов.

Важным нововведением в работе технического комитета TC 101 Electrostatics явилось решение о создании единой базы терминов и определений, которые будут использоваться в новых стандартах МЭК по антистатической защите.

Единые термины и определения будут внесены в систему Электропедии МЭК (<http://www.electropedia.org/>) и станут доступны для всех разработчиков и пользователей стандартов.



### Справка:

Разработкой международных стандартов в области электростатики занимается технический комитет МЭК 101 Electrostatics. В этой деятельности Россию представляют эксперты национального технического комитета по стандартизации ТК 072 «Электростатика», функционирующего на базе предприятий, входящих в ГК «Диполь».

Комитет является формой сотрудничества заинтересованных организаций и органов власти при проведении работ по национальной, межгосударственной и международной стандартизации в сфере электростатики.

В настоящее время основная цель работы ТК 072 в России — развитие и внедрение современных требований по антистатической защите для поддержания на высоком уровне качества выпускаемой и продаваемой продукции ЭКБ.


Ознакомиться с деятельностью технического комитета и перечнем стандартов можно на сайте [antistatika.ru](http://antistatika.ru). 

Фото предоставлено организаторами

# Держать руку на пульсе



В Российской Федерации впервые введены требования по антистатической защите в медицинских учреждениях. С 1 октября вступает в действие новый межгосударственный стандарт —

**ГОСТ 61340-6-1-2024**  
**«Электростатика.**  
**Антистатический контроль**  
**в медицинских учреждениях.**  
**Общие требования».**

Документ направлен на предотвращение угроз, связанных с воздействием электростатических явлений. К ним относятся:

- ↘ сбой в работе или повреждение медицинского оборудования и средств регистрации данных, происходящие вследствие электромагнитного возмущения или электростатического разряда (ЭСР);
- ↘ повреждение чувствительных к ЭСР электронных компонентов или устройств в процессе их ремонта и технического обслуживания;



- ↘ электростатическое притяжение и скопления частиц грязи и пыли и последующее загрязнение помещений;
- ↘ воспламенение горючих газов, жидкостей и других материалов;
- ↘ шокирующие для пациентов воздействия ЭСР.

Своевременный и направленный антистатический контроль способен снизить перечисленные риски до допустимых значений.


Требования стандарта учитывают опасность воздействия ЭСР для различных видов помещений в медицинском учреждении, используемого в них оборудования и проводимых медицинских манипуляций. В ГОСТе приведены рекомендации по антистатическому оснащению для снижения вероятности опасных электростатических явлений и минимизации ущерба.

### Справка:

Развитие стандартизации в области антистатической защиты в РФ поручено Техническому комитету 072 «Электростатика», функционирующего на базе предприятий, входящих в группу компаний «Диполь».

Комитет является формой сотрудничества заинтересованных организаций и органов власти при проведении работ по национальной, международной и международной стандартизации в сфере электростатики.

В настоящее время основная цель работы ТК 072 в России — развитие и внедрение современных требований по антистатической защите для поддержания на высоком уровне качества выпускаемой и продаваемой продукции ЭКБ.

Ознакомиться с деятельностью технического комитета и перечнем стандартов можно на сайте [antistatika.ru](http://antistatika.ru). 

Конференция «ЭМС-2024»

# Слово – защите!

В июне в парк-отеле «Свежий ветер» в Московской области состоялась XIII Всероссийская научно-техническая конференция «Электромагнитная совместимость-2024». Ключевой темой прошедшей встречи стало «Обеспечение ЭМС на современном этапе и защита РЭА от воздействия мощных электромагнитных импульсов».



Мероприятие, организованное АО «ТЕСТПРИБОР» совместно с группой компаний «Диполь» и при участии ГО НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, уникально тем, что это единственный национальный форум, посвященный исключительно вопросам электромагнитной совместимости (ЭМС).

Конференция собрала свыше 70 ведущих специалистов в области испытаний и обеспечения ЭМС из более 30 организаций — представителей «Роскосмоса», «Росатома», компаний-разработчиков РЭА, авиационных предприятий, испытательных центров, изготовителей и разработчиков испытательного и измерительного оборудования.



**ДИПОЛЬ**

**ТЕСТПРИБОР**

**XIII Всероссийская  
Научно-Техническая  
Конференция  
«ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ  
СОВМЕСТИМОСТЬ - 2024»**

**6-7  
ИЮНЯ  
2024**

В этом году на мероприятии обсуждались основы теории обеспечения ЭМС, вопросы электродинамического моделирования, проведения испытаний ЭМС и их метрологического обеспечения. Среди 17 докладов были представлены в том числе такие темы: «Особенности проблем ЭМС и примеры ее проявления на современном этапе», «Нормативно-правовая база испытаний ТС на ЭМС», «Требования по ЭМС для изделий коммерческого назначения», «Испытания радиоэлектронного оборудования на ЭМС», «Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС».

От АО «НПФ «Диполь» с докладами выступили руководитель направления ЭМС и радиоизмерений, д. т. н. Андрей Смирнов и технический специалист направления ЭМС и радиоизмерений Филипп Колдашов.

Выступление Андрея Смирнова на тему «Реализация межлабораторных сличений (МС) результатов измерений вносимых искажений в Сети питания с помощью программируемых источников питания» было посвящено важному требованию по ISO 17025 к испытательным лабораториям о проведении межлабораторных сличений. Он уделит внимание межлабораторным сличениям в области измерений вносимых искажений в линии питания, проводящихся согласно ГОСТ IEC 61000-3-2-2017, ГОСТ IEC 61000-3-3-2015.

В докладе Филиппа Колдашова «Особенности классификации и выбора процедур оценки характеристик отдельных элементов испытательных систем тестирования помехоустойчивости» был проведен анализ испытательных систем (ИС) тестирования устойчивости с точки зрения классификации отдельных модулей ИС и правильности отнесения их к средствам измерений (СИ), испытательному оборудованию (ИО) или вспомогательным принадлежностям. Важность темы обусловлена тем, что в составе ИС тестирования устойчивости, особенно ИС тестирования устойчивости к излучаемому радиочастотному электромагнитному полю, могут использоваться СИ



Докладчик предложил генерировать с помощью программируемого источника питания некий эталонный профиль напряжения питания с известными уровнями искажений. Проводимые затем измерения указанных искажений сличаемыми испытательными лабораториями и последующая статистическая обработка реализуют методику сличительных испытаний, позволяющую оценить повторяемость и воспроизводимость измерений, а также выявить проблемную лабораторию. В ходе проверки идеи искажения имитировались с помощью программируемого источника питания. Межлабораторные сличения были выполнены как в части измерений гармоник питания, появляющихся из-за нелинейности входного импеданса технических средств, так и в части измерений нестабильности напряжения и фликкер-шума.

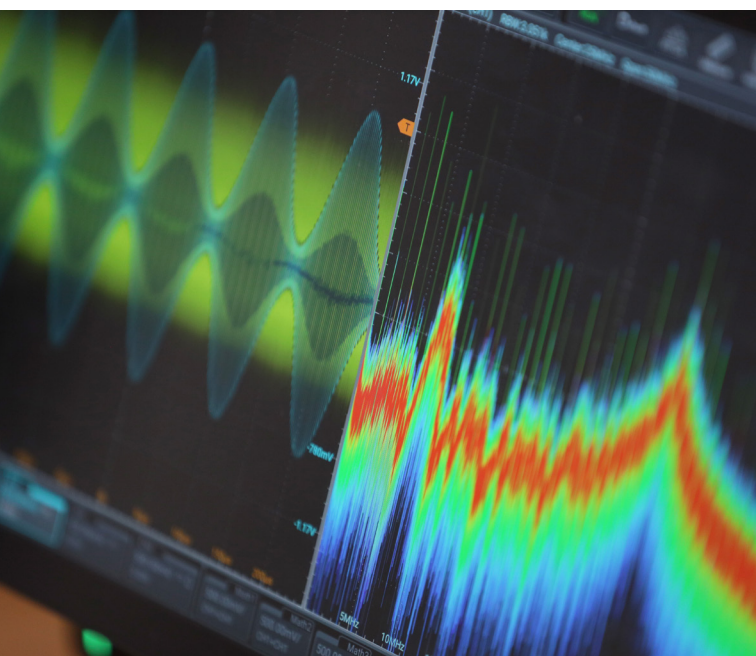


или их аналоги, которые при этом функцию измерений не выполняют, но являются важными для основного функционального назначения ИС. И наоборот, в составе ИС могут применяться СИ, чьи метрологические характеристики могут быть оценены в ходе аттестации ИС как ИО, концептуально рассматриваемое как «черный ящик», без выделения отдельных СИ из всей ИС для их метрологического обеспечения. Основной вывод доклада — важность корректной идентификации элементов ИС ЭМС, позволяющей избежать излишних и слабо обоснованных процедур оценки их соответствия как самостоятельных устройств, например, через их поверку, обычно навязываемую со стороны представителей метрологических служб.

Представители ГК «Диполь» также приняли участие в демонстрационной выставке оборудования, используемого при испытаниях ЭМС. В частности, технический специалист направления измерительного оборудования АО «НПФ «Диполь» Алексей Шостак представил работу программируемых источников питания продукции ИТЕСН, позволяющих проводить испытания устойчивости технических средств к искажениям сети питания по различным авиационным и оборонным стандартам, в частности RTCA DO-160. Также он рассказал о работе программного обеспечения ЭМИКА (разработка «Диполь»), применяемого для испытаний на ЭМС.



Начальник отдела радиоэлектронной защиты, заметности и стойкости авиационной техники АО «Кронштадт» Сергей Лютаев в своем докладе рассказал о сложностях, с которыми сталкиваются производители БПЛА при испытаниях на ЭМС в условиях полигонов. Радиочастотная обстановка на таких полигонах бывает очень сложной из-за насыщенности излучающими радиоэлектронными средствами (РЭС) и может быстро меняться с течением времени. При этом контроль над работой многих применяемых РЭС, например



средств радиоэлектронной борьбы, прикрывающих частные объекты, недостаточен, что усложняет как испытания БПЛА, так и их применение.

Также в докладе была подчеркнута необходимость повышения помехоустойчивости БПЛА. Ускоренный переход к испытаниям и использованию изделий не должен приводить к исключению учета требований радиоэлектронной защиты на ранних стадиях разработки.

Доклад инженера-конструктора АО «Кронштадт» Елены Кореньковой был посвящен системам анализа электромагнитной обстановки (ЭМО) с использованием приемных устройств летательного аппарата (ЛА). Было отмечено, что бортовые приемные РЭС и их антенно-фидерные устройства, которые могут быть использованы для анализа ЭМО, как правило, имеют широкий диапазон приема, за счет чего может снижаться их чувствительность. Докладчица предложила способ оптимизации работы систем анализа ЭМО за счет добавления блока обработки сигналов и использования системы когнитивного радио. Среди преимуществ представленного подхода были отмечены высокая чувствительность приемных устройств, возможность самостоятельного принятия решений системой о выборе оптимальных параметров работы комплекса бортового оборудования (КБО) в зависимости от ЭМО, а также самостоятельной адаптации КБО к сложной помеховой обстановке, что повышает его эффективность и производительность.

Главный специалист ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» Дмитрий Богаченков представил доклад о проведении испытаний по параметрам ЭМС автомобилей с низким углеродным следом, таких как гибридные автомобили, электромобили и автомобили на водородных топливных элементах. Докладчик привел подробное описание методов испытаний транспортных средств (ТС) на устойчивость к электромагнитным помехам в соответствии с международными стандартами, а также рассказал о новом комплексе для испытаний на ЭМС ТС категорий М и N, работающих на альтернативных источниках энергии, который строится на базе испытательного центра НАМИ. Базовой испытательной площадкой комплекса является полубезэховая экранированная камера, обеспечивающая проведение испытаний различных компонентов и типов ТС, вплоть до крупногабаритных.

Вопросы численного моделирования ЭМС радиоэлектронной аппаратуры были рассмотрены в докладе главного специалиста ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» Александра Гетманца. Он рассказал о новых возможностях по моделированию ЭМС в рамках системы «ЛОГОС», ставших результатом работ по импортозамещению ранее применявшегося российскими разработчиками зарубежного ПО. Были приведены математические модели, применяемые для численного моделирования ЭМС, и обозначены их достоинства и недостатки в приложении к решению различных задач.

Главный научный сотрудник ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» Сергей Грабчиков ознакомил аудиторию с тремя типами поглотителей электромагнитного излучения (ЭМИ) СВЧ-диапазона на основе алюминийсодержащих фольгированных материалов, которые были разработаны и изготовлены в рамках совместного проекта с Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники и АО «ТЕСТПРИБОР». Поглотители первого типа содержат неупорядоченно распределенные фрагменты фольгированных материалов и рекомендуются

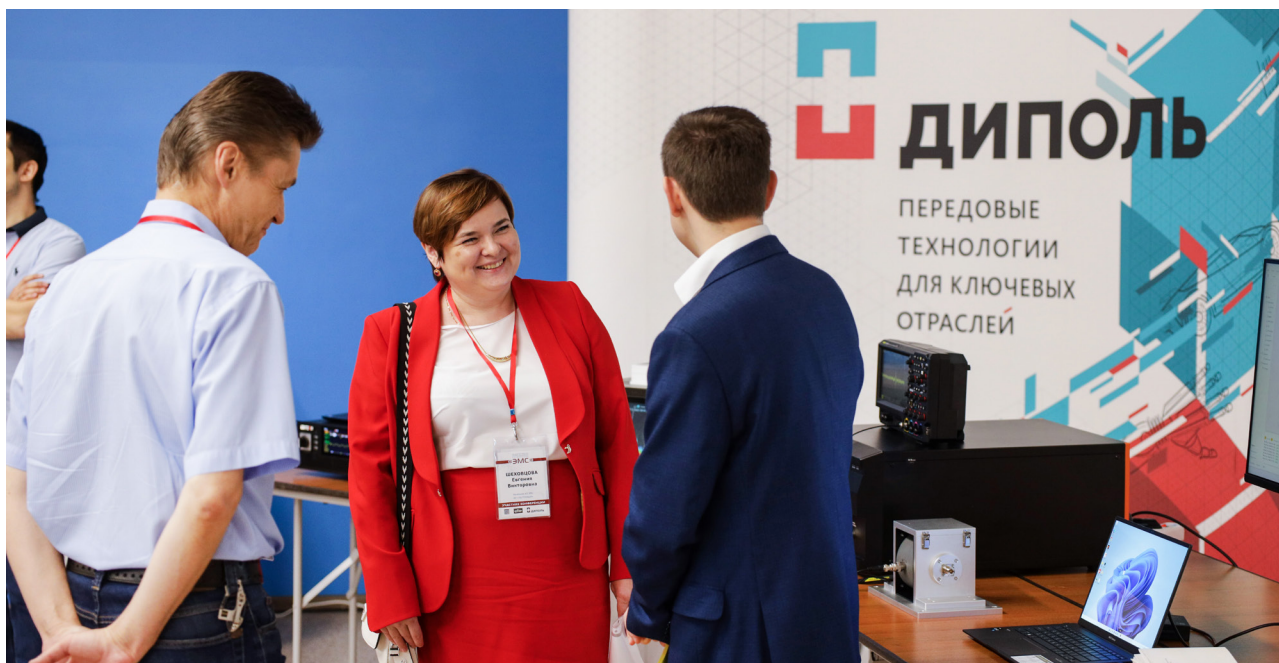


Отдельно докладчик указал на то, что современные математический аппарат и программные средства позволяют получать достаточно качественные результаты моделирования, и призвал уделять большее внимание данному подходу, поскольку, по его словам, в настоящее время ставка делается в основном на натурные испытания.

к применению при создании экранированных помещений, а также элементов одежды. Поглотители второго типа содержат упорядоченно распределенные фрагменты фольгированных материалов и являются частотно-селективными в диапазоне частот 0,7–2 ГГц. Поглотители третьего типа имеют геометрически неоднородные поверхности, сформированные на основе фольгированных элементов. Поглотители второго и третьего типов представляются разработчикам перспективными для использования, в частности, при изготовлении чехлов для оборудования, чувствительного к воздействию ЭМИ СВЧ-диапазона.

Ведущий инженер НИЦ НИО-10 ФГУП «ВНИИФТРИ» Михаил Михайлов выступил с докладом «Оценка соответствия измерительных опорных площадок, применяемых для испытания на ЭМС», который был посвящен актуальным вопросам разработки средств обеспечения единства измерений характеристик опорных испытательных площадок, применяемых в сфере ЭМС.

Испытания стойкости электронной компонентной базы (ЭКБ) к воздействию одиночных импульсов напряжения (ОИН) описал в своем докладе руководитель группы «ИЭП» АО «ЭНПО СПЭЛС» Константин Епифанцев. Для проведения соответствующих исследований был разработан и изготовлен генератор ОИН, соответствующий по своим параметрам нормативным документам.



Инженер-испытатель ИЛ ЭМС АО «ТЕСТ-ПРИБОР» Игорь Гусев рассказал об особенностях реализации испытаний на восприимчивость к воздействию радиочастотного электромагнитного поля в реверберационной камере, которая была введена в эксплуатацию в лаборатории ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» в прошлом году. При проведении испытаний крупногабаритных устройств наблюдалось уменьшение напряженности электрического поля. Проблема была решена за счет оптимизации длины кабеля, благодаря чему удалось уменьшить потери в тракте передачи мощности от усилителя к излучателю. Также был использован коаксиальный кабель с минимальными потерями. На данный момент рабочее место на основе реверберационной камеры полностью укомплектовано необходимым оборудованием.

По словам докладчика, его группой были также разработаны аппаратно-программные средства, позволяющие проводить оценку стойкости в автоматическом режиме.

Два доклада были посвящены космической тематике. Один из них представил начальник ИЛ ЭКБ АО «ТЕСТПРИБОР» Алексей Дудунов, который проанализировал множество факторов внешней среды, воздействующих на космический аппарат в процессе его эксплуатации и приводящих к накоплению электростатического заряда в его внешнем корпусе. Вследствие сложной геометрии поверхностей корпуса и различия освещенности возникает неравномерное распределение заряда, что может приводить к электростатическим разрядам, мешающим работе приемной аппаратуры. В докладе были описаны пассивные и активные методы борьбы с этим эффектом.

Проблемы в области обеспечения ЭМС малых космических аппаратов формата CubeSat были изложены во втором докладе, который представил руководитель отдела «Наземное оборудование» ООО «Спутниковые инновационные космические системы» Анатолий Красотенко. Докладчик отметил, что, учитывая малые размеры и большое количество аппаратов CubeSat, передавать их испытания на ЭМС на аутсорсинг нецелесообразно, поэтому данные испытания проводятся внутри предприятия с помощью собственного оборудования, включающего в том числе компактную и мобильную безэховую камеру, созданную специалистами компании.


Также автор указал на ряд характерных для формата CubeSat проблем ЭМС, которые успешно решаются компанией. Они, в частности, связаны с высокой плотностью компоновки спутников, ограниченностью временных рамок сеансов связи и сложной электромагнитной обстановкой в местах приема сигналов от спутников, взаимным влиянием систем ориентации и связи, а также электронных устройств полезной нагрузки и др.



В завершение доклада была приведена информация об успешно выведенных на орбиту и эксплуатируемых в настоящее время малых космических аппаратах компании, таких как спутники автоматической идентификационной системы для трекинга морских судов, а также аппарат для дистанционного зондирования Земли.

Завершил конференцию круглый стол, в рамках которого в формате открытой дискуссии участники смогли задать друг другу вопросы и более подробно обсудить темы, вызвавшие наибольший интерес.

Проведение XIV Всероссийской научно-технической конференции «ЭМС» планируется во втором квартале 2025 г.

При подготовке статьи использовались данные журнала «Электроника НТБ» 

Выставка «Электроника-Транспорт 2024»

# АКТУАЛЬНАЯ

В конце июня в Москве проходила выставка «Электроника-Транспорт-2024».

В рамках мероприятия группа компаний «Диполь» провела круглый стол, посвященный вопросам обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) в области промышленности, науки и технологии применения электротранспорта.





ЭЛЕКТРОНИКА  
ТРАНСПОРТ



ДИПОЛЬ

# ВСТРЕЧА

Семнадцатая международная выставка информационных технологий и электроники для пассажирского транспорта и транспортной инфраструктуры собрала своих гостей в Экспоцентре на Красной Пресне и стала частью программы Российской недели общественного транспорта и городской мобильности.

Темпы зависимости от цифровых технологий набирают оборот. Поезда и автобусы без машиниста уже не новость, бесконтактная оплата проезда с помощью смартфона и онлайн-информирование о времени ожидания стали обыденностью, развивается управление транспортными потоками в режиме реального времени. В ближайшем будущем цифровые технологии затронут все процессы работы пассажирского транспорта, при этом «Электроника-Транспорт» остается основополагающей площадкой, где специалисты отрасли, «сверяя часы», обсуждают новейшие тенденции.

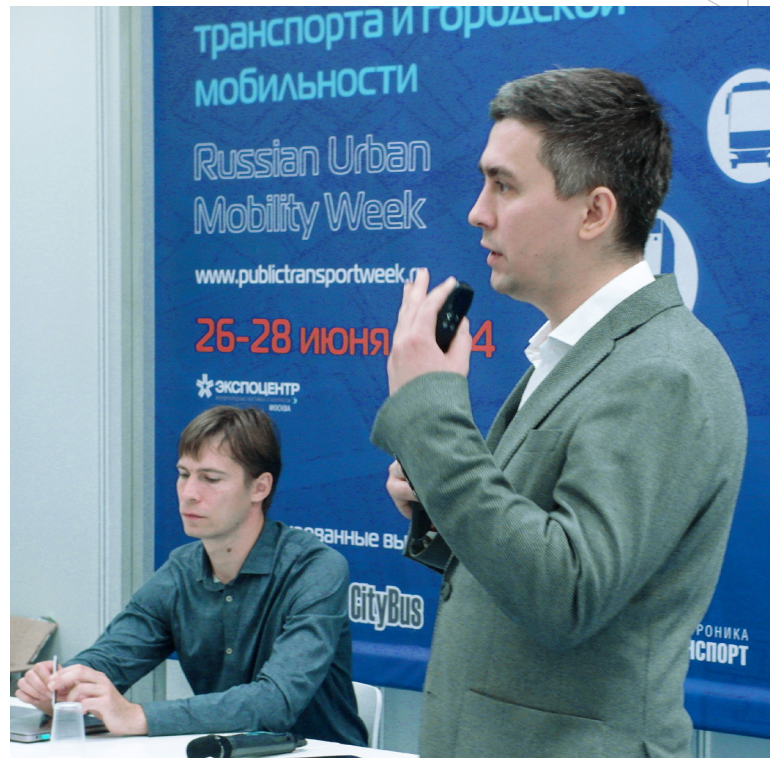



К транспортной электронике предъявляются высокие требования по надежности, безопасности, устойчивости к различным помехам и климатическим нагрузкам. В связи с этим в рамках выставочной программы модераторы НПФ «Диполь» Андрей Смирнов (д. т. н, руководитель направления ЭМС и радиоизмерений) и Константин Басалаев (аспирант, руководитель департамента ЭМС) провели круглый стол на тему «Актуальные нормативные требования и современное инструментальное обеспечение для тестирования характеристик электромагнитной совместимости в транспортной и автомобилестроительной отраслях».

Очевидно, что важность темы ЭМС интенсивно возрастает, особенно в тех отраслях электротранспорта, где активно внедряются автоматизированные, беспилотные и беспроводные системы управления и мониторинга движения. Тенденции в стандартизации требований ЭМС отчетливо просматриваются в последних версиях международных стандартов в области ЭМС в части эмиссии радиопомех CISPR 12, CISPR 25, а также в повышенных требованиях к устойчивости к радиопомехам и импульсным помехам в бортовой сети транспортного средства, отраженных последней, шестой редакцией Правил № 10 ЕЭК ООН.

В своих выступлениях ведущие профильные специалисты компании «Диполь» Андрей Смирнов, Константин Басалаев и руководитель проектов отдела ЭМС АО «НПФ «Диполь» Андрей Драгунов рассмотрели следующие вопросы:

- ✎ Актуальные национальные и международные стандарты, регламентирующие требования ЭМС в транспортной и автомобильной сфере.
- ✎ Особенности испытаний ЭМС с учетом технических и эксплуатационных характеристик объектов испытаний.
- ✎ Предквалификационные испытания ЭМС отдельных модулей, электрических и электронных сборочных устройств.
- ✎ Сложности обеспечения испытаний на устойчивость к излучаемым электромагнитным полям крупногабаритных и беспилотных транспортных средств. Опыт и решения.
- ✎ Калибровка уровней воздействия при тестировании устойчивости к кондуктивным и излучаемым помехам и метрологическое обеспечение испытаний.
- ✎ Реализация имитация искажений питания и возникающих переходных импульсных помех в бортовой сети в широком диапазоне типов и уровней сигналов помех.



Широкий спектр обсуждаемых тем не смог уместиться в то время, что было отведено на проведение круглого стола. Выражая благодарность за подробный рассказ особенностей испытаний ЭМС, участники высказались за регулярность подобных тематических семинаров в рамках специализированных технических выставок. В ответ представители «Диполь» подтвердили готовность к организации консультационных мероприятий по вопросам испытаний ЭМС в области транспорта, аэрокосмической сферы и ОПК. 

Неразрушающий контроль

# ВИДЕТЬ

# НАСКВОЗЬ

Быстрые темпы роста электронной промышленности во всем мире приводят к активной цифровизации и оптимизации во всех областях деятельности. Но позитивные изменения сопровождаются и негативными процессами.

Вслед за легальным рынком электроники увеличиваются скорости и совершенствуются умения производителей контрафактных электронных компонентов. Эти вызовы требуют профессиональных ответных решений.





**Алексей Бурцев,**  
ведущий инженер-технолог,  
ГК «Диполь»  
[BurtsevAV@dipaul.ru](mailto:BurtsevAV@dipaul.ru)



**Кирилл Кремлев,**  
руководитель направления  
«Оборудование для производства  
электроники», ГК «Диполь»  
[kremlev@dipaul.ru](mailto:kremlev@dipaul.ru)

## Введение

По данным Организации экономического сотрудничества и развития, в 2017 году оборот в сфере поддельных комплектующих превысил 500 млрд долларов США<sup>1</sup>. В том же году Росстат оценивал рынок контрафактной продукции примерно в 3 трлн рублей<sup>1</sup>.



Лучшее решение проблемы безопасности — комплекс действий: сочетание предупредительных мероприятий с организацией входного контроля поступающей элементной базы.

Производителей фальсификатов не останавливают не только условные, но и реальные тюремные сроки. Например, несколько лет назад в США был вынесен приговор — 37 месяцев лишения свободы за поставку поддельных микросхем для атомных подводных лодок<sup>2</sup>. При этом использование поддельных компонентов принесло производителям электроники убытки в размере 7,5 млрд долларов США (по данным на конец 2021 года)<sup>2</sup>.


Наиболее часто контрафактные компоненты встречаются среди тех позиций, которые были сняты с производства или будут сняты в ближайшее время. Аналитическая компания IHS Markit Ltd (ныне входит в состав корпорации S&P) в 2016 году информировала<sup>3</sup>, что доля таких компонентов среди всего контрафакта достигает 69 %. Это не удивительно: разработчики не успевают обновить конструкцию своих изделий вслед за быстро меняющейся элементной базой и спрос на «старые» микросхемы сохраняется.

Наиболее остро проблема стоит в таких «неповоротливых» сферах, как производство военной и космической техники. Этой проблемой всемирного масштаба и пользуются недобросовестные изготовители.

В данном контексте ни одно предприятие не может быть уверено в безопасности, лучшим решением проблемы является комплекс действий: сочетание предупредительных мероприятий с организацией входного контроля поступающей элементной базы.

Методы входного контроля условно делятся на две группы: разрушающие и неразрушающие. Очевидно, что для сохранения работоспособности компонентов предпочтителен неразрушающий контроль. И если раньше основным инструментом контролеров было увеличительное стекло или микроскоп, то сейчас в их арсенал входит более совершенное и эффективное оборудование — например, рентгеновские установки.

В России также уделяют повышенное внимание борьбе с контрафактными электронными компонентами и, в частности, неразрушающим методам контроля. В 2017 году в стране был введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 57880-2017 «Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Электронные изделия. Предотвращение получения, методы обнаружения, сокращение рисков применения и решения по использованию фальсифицированной и контрафактной продукции»<sup>4</sup>, в котором радиологическое исследование (рентген-контроль) указано как рекомендуемое наряду с другими методами разрушающего и неразрушающего контроля.



К сожалению, большинство руководителей не в полной мере используют возможности рентгеновских установок на этапе входного контроля электронных компонентов и печатных плат.

Рентгеновскому анализу уделено внимание и в методических указаниях Всероссийского научно-исследовательского института радиоэлектроники (ФГБУ «ВНИИР», ранее — ФГУП «МНИИРИП») <sup>5</sup>. Этот институт приказом Минпромторга России с 2016 года является головной организацией, выполняющей исследования в области электронной компонентной базы. Методика института прямо указывает на то, что рентген-контроль является более эффективными, чем визуальные или разрушающие методы контроля.

Еще один перспективный метод борьбы с подделками заключается в нанесении на микросхемы дополнительной, не видимой глазу маркировки, которая проявляется только под действием инфракрасного, ультрафиолетового или рентгеновского излучений.

Решения по борьбе с контрафактной продукцией входят в перечень мероприятий по развитию системы «Честный ЗНАК», внедряемой в России на государственном уровне<sup>6</sup>.

Очевидно, что сфера применения рентгеновских установок на предприятиях радиоэлектронной промышленности не должна ограничиваться проверкой качества паяных соединений. Но, к сожалению, большинство руководителей не в полной мере используют возможности имеющегося оборудования, и рентгеновские установки приобретаются в основном для проверки монтажа микросхем в корпусе BGA и некоторых других типов компонентов. Эта статья посвящена применению рентгеновского излучения на этапе входного контроля электронных компонентов и печатных плат.

## Входной контроль электронных компонентов

Существуют три основных способа выявления контрафактной продукции с помощью рентгеновской установки:

- сравнение с эталоном;
- сравнение с документацией на компонент;
- выявление очевидных дефектов, не требующих эталонного образца или проверки документации.

Имеющиеся методы не гарантируют точного определения — является ли компонент контрафактным, но могут значительно улучшить работу сотрудников входного контроля. В подозрительных случаях рентгеновские снимки компонентов становятся поводом для проведения дальнейших исследований.

### Сравнение с эталоном

В этом методе для выявления контрафактных компонентов используется эталонный образец — компонент, про который достоверно известно, что он является оригинальным и соответствует всем заявленным характеристикам. Если на предприятии нет возможности иметь дополнительные компоненты в качестве образцов (например, комплектация закупается без учета технологического запаса), их может заменить библиотека рентгеновских снимков по эталонным позициям.

На приведенных рентгеновских снимках хорошо заметно, что у контрафактного элемента (рис. 16) отсутствуют два крупных компонента. Это электролитические конденсаторы, предназначенные для сглаживания пульсаций напряжения. Будет ли функционировать контрафактный DC/DC-преобразователь? На первых порах — да. Будет ли он отличаться надежностью? Нет, как утверждают специалисты, в скором времени он неизбежно выйдет из строя.

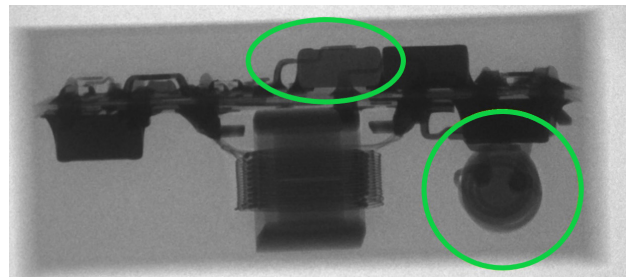


Рис. 1а. Рентгеновский снимок DC/DC-преобразователя (эталон)

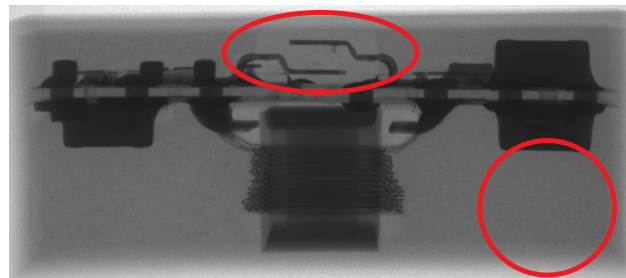


Рис. 1б. Рентгеновский снимок контрафактного DC/DC-преобразователя

## Сравнение с документацией на компонент

Метод основан на сравнении внутренней структуры электронного компонента с электрической схемой, которая обычно приводится в документации (технические условия, Datasheet). Визуальный контроль позволяет проверить только тип корпуса, состояние маркировки и другие внешние качественные признаки. С помощью рентгеновской установки можно заглянуть внутрь компонента.

Рассмотрим действие метода на примере обследования твердотельного оптического реле LH1522AB. Выдержка из документации на реле (рис. 2) сообщает: пара светодиодов располагается между выводами 1–2 и 3–4, а соответствующие им фотоприемники — между выводами 7–8 и 5–6:

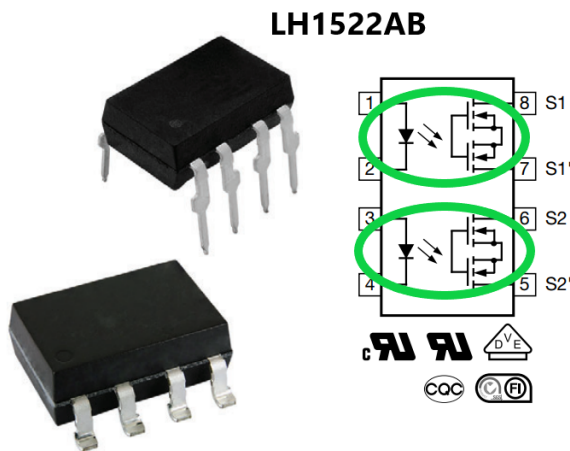


Рис. 2.

Теперь обратимся к рентгеновским снимкам, выполненным при помощи **системы рентгеновского контроля СРК-1000** (разработка и производство ГК «Диполь»).

На входной контроль поступили две партии реле. В отличие от предыдущего примера, неизвестно, какая из партий является эталонной. Поэтому снимки сравниваются с электрической схемой из Datasheet.

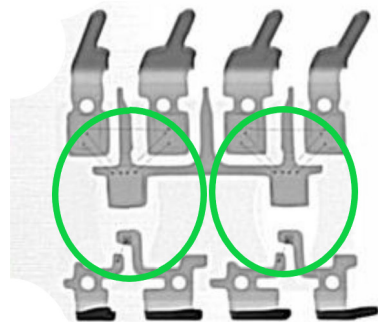


Рис. 3а.

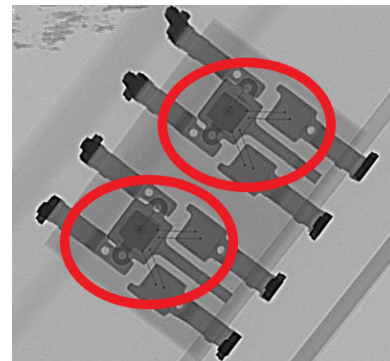


Рис. 3б.

Изучение снимков показывает, что разварка (электрическое соединение между кристаллом и выводами компонента с помощью тонких металлических нитей) и расположение элементов внутренней структуры компонента на рис. 3а соответствует электрической схеме, а изображение на рис. 3б демонстрирует контрафактный компонент: хорошо заметна разварка между выводами, расположенными друг напротив друга, что прямо противоречит назначению оптического реле (обеспечение гальванической развязки).



## Выявление очевидных дефектов, не требующих эталонного образца или проверки документации

На снимке хорошего качества данная категория несоответствий сразу же бросается в глаза. Такие дефекты, как отсутствие кристалла или его разварки, обрыв проводников, повреждение выводов и корпуса компонентов не требуют тщательного изучения технической документации. Конечно, общие знания в области электронных компонентов требуются и здесь, но вряд ли опытный оператор рентгеновской установки пропустит подобные дефекты (рис. 4–6).

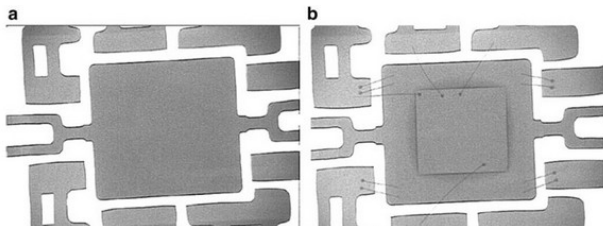


Рис. 4. Слева — отсутствие разварки кристалла. Справа — компонент с наличием разварки

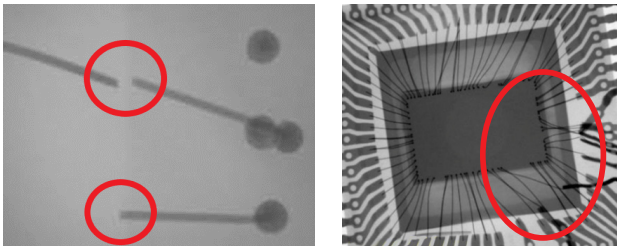


Рис. 5. Обрыв проводников

Рис. 6. Повреждение выводов

Описанные методы не гарантируют точного определения — является ли компонент контрафактным, но могут значительно улучшить работу сотрудников входного контроля. В подозрительных случаях рентгеновские снимки компонентов становятся поводом для проведения дальнейших исследований.

У надежных производителей и поставщиков все компоненты в пределах одной партии абсолютно одинаковые и в упаковке ориентированы в одном направлении.

Поясним это на примере микросхемы XC17S30XLPD8I. В Datasheet приведена следующая схема с назначением выводов (рис. 7).

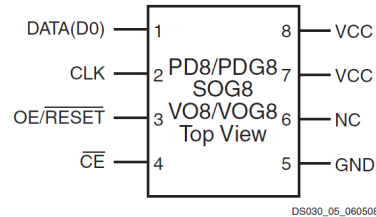


Рис. 7.

На входном контроле с помощью рентгеновской установки СРК-1000 было проведено обследование (рис. 8) партии микросхем в одной упаковке (палете).

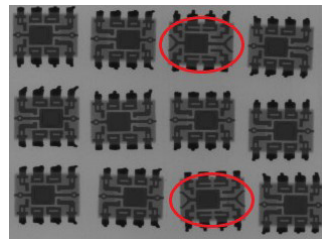


Рис. 8.

Полученный снимок не позволяет однозначно заявить, что микросхемы контрафактные. Эталонный образец отсутствует, а схема из Datasheet слишком общая, чтобы с ее помощью вынести какой-либо вердикт. Однако следует обратить внимание на два момента:

- у выделенных микросхем металлизация внутри корпуса отличается от большинства соседних микросхем;
- микросхемы в упаковке уложены не в одном направлении, а развернуты относительно друг друга на 180° (это обнаружил и визуальный контроль).

Данные признаки дают основание для подозрений в контрафакте и проведения дополнительной проверки. У надежных производителей и поставщиков все компоненты в пределах одной партии абсолютно одинаковые и в упаковке ориентированы в одном направлении.

Время подсчета одной катушки составляет порядка 10 с, при этом в рабочей области счетчика одновременно можно разместить несколько катушек.

## Входной контроль печатных плат

Завершая разговор о борьбе с контрафактом, немаловажно упомянуть о других значимых возможностях рентген-технологий.

Применение рентгеновских установок при входном контроле печатных плат меньше распространено потому, что на «голой» плате не так много металла, как на плате с припаянными компонентами. Рентгеновские лучи слабо поглощаются тонкими медными дорожками, поэтому к данному способу контроля обращаются обычно уже после того, как на этапе функционального контроля смонтированных плат выявляют дефекты.

На снимках (рис. 10, 11) хорошо видны потемнения внутри металлизированных отверстий. Сильное поглощение излучения свидетельствует о том, что эти потемнения не что иное, как металлические включения. Они появляются, например, при попадании посторонних частиц металла в отверстие или при разрыве паяльной маски во время нанесения покрытия на контактные площадки методом горячего лужения.

Согласно стандарту IPC-A-600, любое отсутствие маски там, где она должна быть по проекту платы, — это дефект. Но если разработчик считает, что попадание припоя в отверстия не повлияет на функционирование платы, он может принять ее в работу.

Еще одна сфера применения рентгеновского излучения при входном контроле электронных компонентов — их пересчет. Рентгеновские счетчики позволяют сократить скорость пересчета в несколько раз, при этом лента не требует перемотки с одной бобины на другую.

Рассмотрим некоторые примеры. На снимке (рис. 9) заметно утолщение металлизации на отверстиях, предназначенных для запрессовки соединителей. На входном контроле печатных плат диаметр таких отверстий обычно не проверяют, хотя уменьшение диаметра негативно сказывается на операции запрессовки. Выводы соединителей попросту не смогут «прорезать» избыточный слой металла. Такие платы подлежат выбраковке и замене.

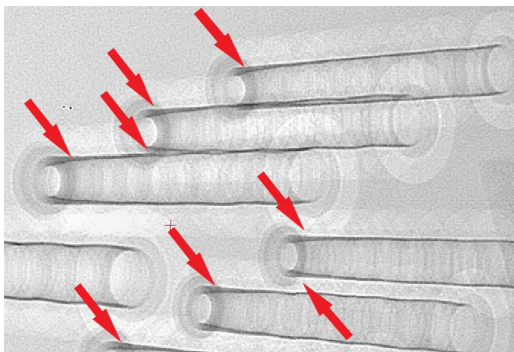


Рис. 9.

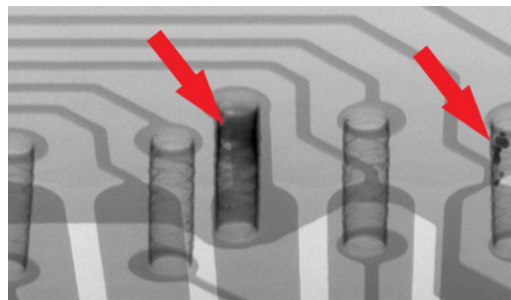


Рис. 10.

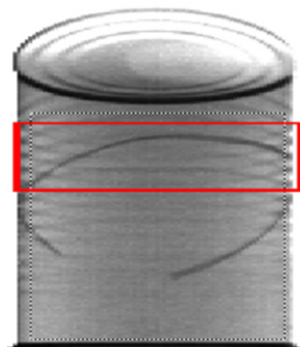


Рис. 11.

## Заключение

Сложнее обнаружить обрывы проводников, особенно если они расположены во внутренних слоях печатной платы. Но если сделать это вовремя, можно значительно улучшить эффективность производства, ведь обычно проводники начинают рассматривать только после того, как обнаружится отсутствие сигнала после включения платы.

На снимке (рис. 12) приведен пример грубого обрыва проводника на наружном слое. Во внутренних слоях обрывы не так заметны. Зоной риска являются места соединений проводников с металлизированными переходными отверстиями.

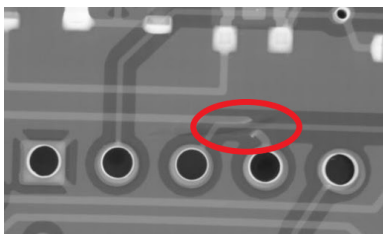


Рис. 12.

## Учет

Наконец, еще одна сфера применения рентгеновского излучения при входном контроле электронных компонентов — их пересчет. Особенно актуально это для катушек с мелкими чип-компонентами, количество которых в одной катушке может достигать до 10 тыс. штук. На одних предприятиях катушки пересчитывают вручную с помощью линейки, на других — используют полуавтоматические счетчики, напоминающие старые бобинные магнитофоны. Рентгеновские счетчики позволяют сократить скорость пересчета в несколько раз, при этом лента не требует перемотки с одной бобины на другую.

Многие рентген-установки имеют встроенную функцию подсчета компонентов, но лучшим решением будет отдельный рентгеновский счетчик. Пример того, как выглядит катушка в счетчике, приведен на рис. 13.

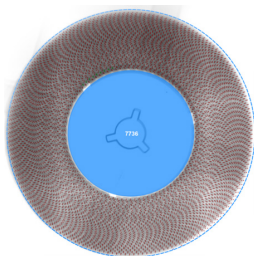


Рис. 13.

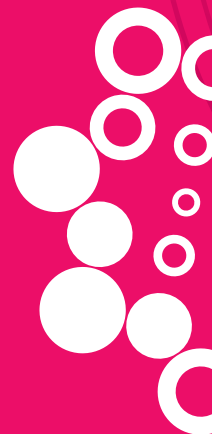
Изготовители контрафактной продукции используют все более сложные способы обмана. Традиционный визуальный контроль и измерение базовых электрических параметров не всегда могут защитить от фальсифицированных и бракованных компонентов. Рентген-контроль на предприятии на этапе входного контроля позволяет значительно повысить вероятность обнаружения контрафакта до монтажа на плату (тем самым избежать последующего ремонта платы), а на этапе контроля смонтированных плат избавляет от поиска дефектного компонента путем классического перепаивания на заведомо годный.

Вместе с этим приходится признать, что далеко не всегда, имея в распоряжении установку рентгеновского контроля, специалисты предприятия изучают все ее возможности и пользуются ими в полной мере, ограничиваясь только отдельными прикладными задачами.

## Источники:

1. Materialy VI Mezhdunarodnogo foruma «Antikontrafakt-2018». Itogovyye dokumenty. Moskva. P. 155. Из работы «Выявление признаков контрафакта в изделиях электронной компонентной базы в аспекте обеспечения промышленной кибербезопасности». Системы прослеживания и методы маркировки электронных компонентов в России <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2019.2.09>.
2. Detecting Counterfeit ICs, Alan Lowne, CEO of Saelig Co. Inc. <https://www.electronicdesign.com/home/contact/21185933/alan-lowne>
3. Counterfeit Integrated Circuits: Threats, Detection, and Avoidance, University of Florida.
4. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293741/4293741553.pdf>
5. [https://vniir-m.ru/sites/default/files/articles/kontrafakt\\_2019\\_0.pdf](https://vniir-m.ru/sites/default/files/articles/kontrafakt_2019_0.pdf)
6. Книга О., Макарова А. Системы прослеживания и методы маркировки электронных компонентов в России. [https://www.electronics.ru/files/article\\_pdf/9/article\\_9622\\_882.pdf](https://www.electronics.ru/files/article_pdf/9/article_9622_882.pdf)

# Welcome to



В Екатеринбурге на площадке «Екатеринбург-ЭКСПО» прошла 14-я международная промышленная выставка «Иннопром».

Группа компаний «Диполь» приняла участие в этом масштабном событии в области промышленности и технологий.

**Ключевая тема «Иннопром-2024» — «Технологическое партнерство: формируя образ будущего» —**

продиктована современными реалиями, когда любой промышленный продукт не делается в одиночку. Гарантией успеха является партнерство: производителей и потребителей, компаний, специалистов — инженеров, дизайнеров, логистов. Такая синергия образует «умную» экосистему, настроенную на самообновление и развитие.

При этом критичным фактором успеха для бизнеса становится вовлеченность в международные торгово-производственные цепочки. Тем важнее для участников российского промышленного рынка умение построить эффективную систему взаимодействия с зарубежными партнерами. На выставке «Иннопром», проходившей с 8 по 11 июля, отечественным производителям представилась возможность изучить новые рынки и в ходе дискуссий поучаствовать в формировании главных трендов промышленности будущего.

Основными тематическими блоками мероприятия стали:

- ✦ Цифровое производство.
- ✦ Металлообработка.
- ✦ Технологии для энергетики.
- ✦ Транспортное машиностроение.
- ✦ Производители компонентов.
- ✦ Новые материалы.

# INNOPROM



На своем выставочном стенде группа компаний «Диполь» представила современное промышленное оборудование, новые решения и разработки:



- решения для сборки электронных изделий, в том числе установка струйной отмытки печатных плат **СМ-16 ПРО** (разработка и производство ГК «Диполь»);



- измерительные приборы (производитель **itech**) и тензометрические испытательные стенды для автомобильной и авиационной промышленности (производитель **Anhui Jingke Testing Technology**);

**METLAB**

- разработка ГК «Диполь» для автоматизации измерений — **METLAB**;



- система управления производством «**К.У.П.О.Л.**» (разработка ГК «Диполь»);



- обновленная версия Low-code-редактора **ЭМИКА** (разработка ГК «Диполь»);



- инновационные технологии в области 3D-печати и 3D-сканирования, в частности — 3D-принтер **Objectronics Vision F300**.

Выставка «Армия»

# ПРИЦЕЛ НА ТЕХНОЛОГИИ

С 12 по 14 августа на территориях конгрессно-выставочного центра «Патриот» и аэродрома «Кубинка» прошла выставка оборонно-промышленного комплекса «Армия-2024». Среди участников форума — компания «Диполь», один из ведущих разработчиков решений для высокотехнологичных проектов и технологический партнер предприятий российской промышленности.



# ★ ARMY 2024

С 2015 года форум является крупнейшей выставкой военного оборудования и специальной техники в России и знаковым событием среди аналогичных мировых событий.

За годы проведения мероприятия «Армия» зарекомендовала себя в качестве эффективной площадки для демонстрации продукции и производственных возможностей передовых компаний, налаживания тесных контактов между представителями бизнес-кругов, научного и экспертного сообществ, руководящим составом министерств и ведомств Российской Федерации, а также представителями зарубежного ОПК.

дан.

На выставке были развернуты экспозиции и индивидуальные стенды предприятий оборонной промышленности Белоруссии, Индии, Китая. В работе форума задействованы представители



более чем 120 иностранных компаний.

На выставочном стенде группа компаний «Диполь» представила собственные решения и разработки:

- программный комплекс автоматизации измерений METLAB;
- систему управления производством «К.У.П.О.Л.»;
- обновленную версию Low-code-редактора ЭМИКА;
- генераторы, источники питания, осциллографы и измерительные приборы (разработка и производство «Диполь»).

**METLAB**

**ДИПОЛЬ** КУПОЛ

**ЭМИКА**

**ДИПОЛЬ**

В этом году в рамках форума были представлены инновационные разработки, воплощенные в реальность. Так, на аэродроме «Кубинка» прошла широкомасштабная демонстрация авиационной техники, беспилотных летательных аппаратов, двигателей и комплектующих. На основной площадке форума в КВЦ «Патриот» гости мероприятия увидели, какие технологии сегодня стоят на страже мира и спокойствия российских граждан.

По итогам подписания и вручения госконтрактов на полях форума общий объем стоимости контрактов составил около 500 млрд рублей.

Промышленные 3D-принтеры

**Инструмент**

**как аргумент**

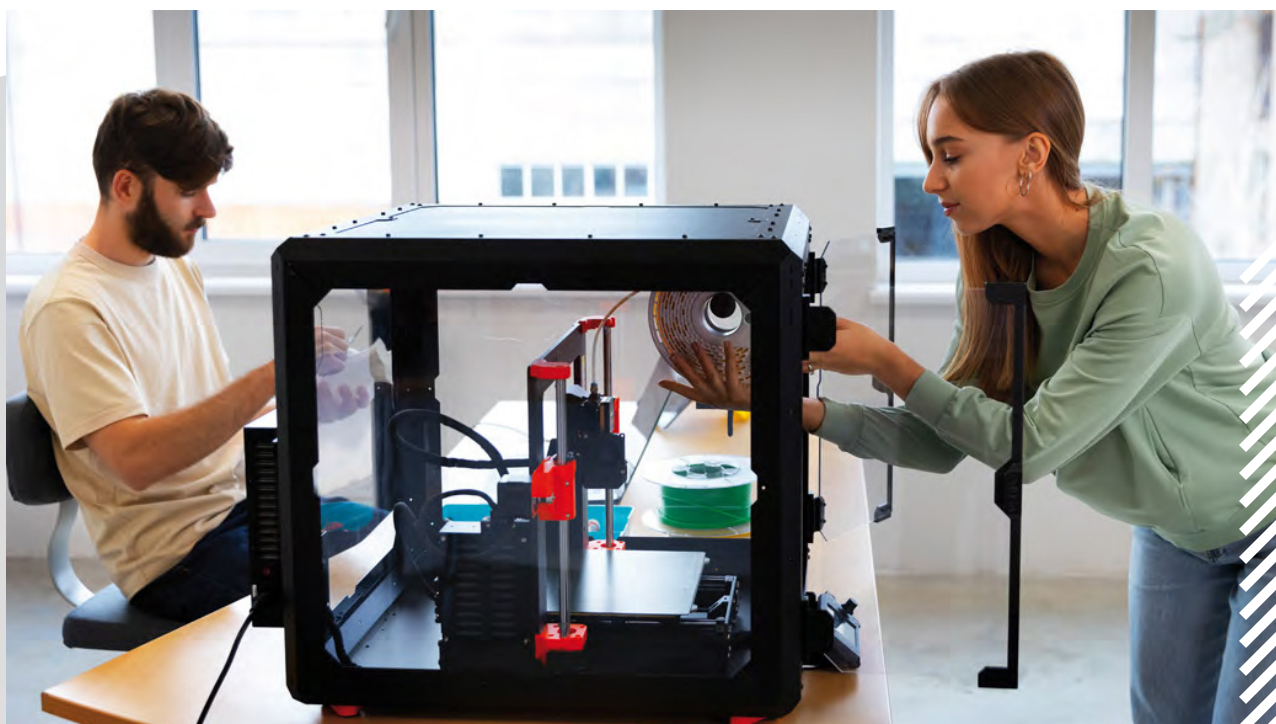
Аддитивные технологии  
в инструментальном  
производстве



Благодаря своей вариативности, разнообразию материалов и сравнительно низкой стоимости 3D-печать получила широкое распространение в самых разных сферах производства — от выпуска потребительских товаров до тяжелой промышленности. Аддитивные технологии изменили многие процессы

на предприятиях, начиная с создания прототипов и заканчивая получением готовых изделий. И промышленники не намерены на этом останавливаться, они ищут все новые области применения 3D-печати, разрабатывают новые материалы, что особенно актуально сегодня в свете курса на импортозамещение.

**В том числе аддитивные технологии получили развитие в производстве промышленного инструмента.**



Вместе с экспертами рынка выясняем, при каких условиях это эффективно и каковы перспективы данного направления.

Участники заочной дискуссии сошлись во мнении относительно того, что необходимость в использовании 3D-печати возникает в тех случаях, когда традиционные способы проигрывают по ключевым параметрам: финансовым, временным, производственным или другим видам вложений.

«В первую очередь речь идет об изделиях из труднообрабатываемых или дорогостоящих материалов, мелко- и среднесерийном производстве, когда затраты на изготовление оснастки или перестройку производственных процессов не оправдывают конечную стоимость партии изделий. При этом важно учитывать, что изготовление ответственных деталей с применением 3D-оборудования, как правило, требует дополнительной механической обработки. Эти затраты также влияют на эффективность и возможности внедрения аддитивных технологий (АТ) в те или иные технологические процессы.

**Дмитрий Синьгаев,**  
группа компаний «Диполь»:

Традиционно аддитивные технологии могут ускорить производственные процессы в тех случаях, когда изготовление одного изделия складывается из большого количества разнородных операций или если требуется выпуск новой оснастки. Как уже упоминалось, при оценке скорости изготовления деталей следует помнить про последующие этапы дополнительной обработки, зачастую более длительные, чем сам процесс печати».

Помимо экономической составляющей, не менее важен и технологический момент. Есть такие образцы продукции, которые невозможно исполнить традиционными средствами. Если присутствует хотя бы одно из перечисленных условий — экономические или технологические преимущества, можно говорить о целесообразности АТ», — считает представитель направления «Аддитивные технологии» группы компаний «Диполь» **Дмитрий Синьгаев.**

Сооснователь компании по производству 3D-принтеров ООО «КБ «СОТКОМП» (SOTCOMP) **Максим Сотник** также убежден, что аддитивные технологии целесообразно использовать для изготовления инструмента, когда требуются высокая степень кастомизации, производство изделий со сложной геометрией или короткие сроки изготовления.

«Эти технологии идеально подходят для создания прототипов, мелкосерийного производства или инструментов с уникальными свойствами. В то же время для массового выпуска простых инструментов традиционные методы (например, фрезерование, токарная обработка) могут быть более эффективными из-за их масштабируемости и низкой стоимости на единицу продукции», — поясняет эксперт.

## Сложная геометрия

Тему уникального конструктива изделий, выполненных с применением 3D-печати, раскрыл руководитель отдела проектов по аддитивным технологиям ООО «ИННФОКУС» Николай Винокуров. Например, с помощью АТ можно изготовить инструмент с внутренними каналами для СОЖ спиралевидной формы, которые делают его более прочным и стабильным на высоких оборотах, чем инструмент с традиционным Y-видным каналом. При этом охлаждение режущих кромок происходит намного эффективней, что продлевает срок службы изделия.

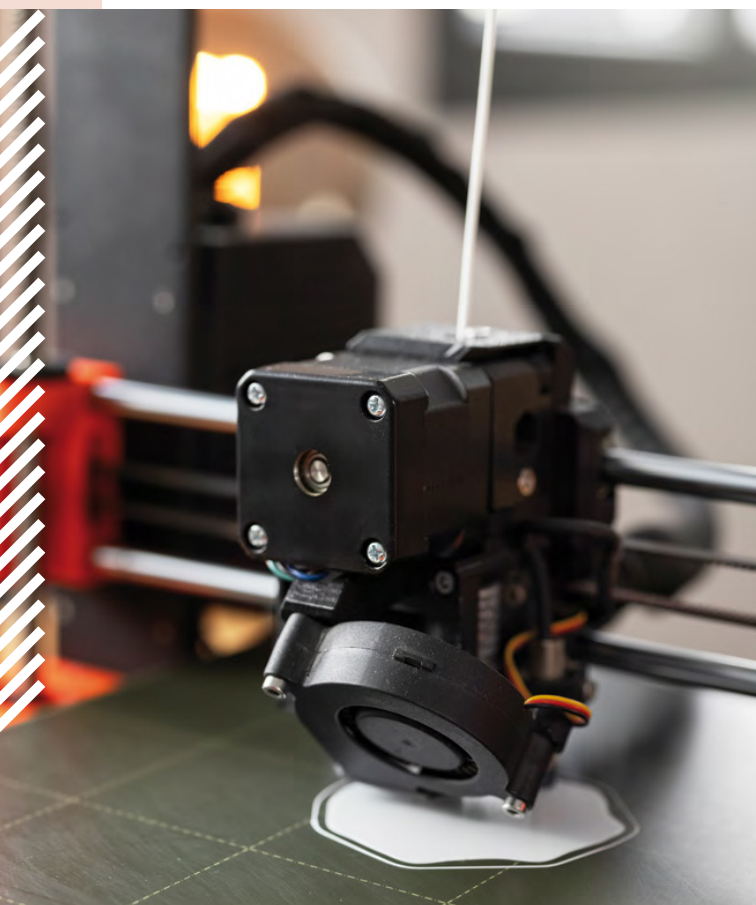


«С помощью аддитивных технологий можно произвести инструмент, полностью повторяющий геометрию конструктивных элементов детали для обработки за один проход, что сократит время производства. Такая геометрия будет подходить только к одной детали, но для серийного производства это может быть экономически более выгодно. Еще одним преимуществом является возможность сделать инструмент с сетчатым заполнением для снижения веса, улучшения балансировки и, соответственно, увеличения возможной скорости обработки. При этом его прочность останется достаточной для стабильной работы без деформаций или поломки», — отмечает **Николай Винокуров**.

**Николай Винокуров,**  
ООО «ИННФОКУС»:

По нашей информации, отраслей, в которых невозможно было бы применить аддитивные технологии, практически не осталось. Изготовление инструмента этим методом на данный момент ограничено лишь материалами, пригодными для печати. Если конкретно взятый инструмент изготавливается из сплава, у которого есть аналогичный материал для АТ, то его можно изготовить данным методом. Современное аддитивное оборудование уже позволяют производить габаритные детали, и с каждым годом эта тенденция будет проявляться сильнее, поэтому ограничения в габаритах уже нет. Технологии не стоят на месте, и в обозримом будущем материалов для печати станет намного больше, что позволит изготавливать аддитивными технологиями любой инструмент».

Аддитивные технологии оптимальны и в производстве специализированного инструмента для слабо распространенных технологий вроде сварки трением с перемешиванием. Изготовить его с применением традиционных технологий сложно из-за размера изделия и конструктивных особенностей. А благодаря АТ такой инструмент можно вырастить за несколько часов и сразу начать использовать без доработки.



«При огромной потребности отечественного производства в импортозамещении аддитивные технологии помогают быстро отремонтировать или изготовить прототип инструмента для зарубежного оборудования, чтобы внедрить в технологический процесс без длительных простоев. Этим обусловлена целесообразность и эффективность использования 3D-печати для изготовления инструмента. Традиционные технологии будут эффективнее и дешевле для производства стандартного, простого инструмента массового сегмента. Изготовление методами аддитивного производства не исключает механическую обработку посадочных поверхностей и точных размеров. Более того, некоторые материалы пока еще невозможно использовать в 3D-печати, поэтому полностью отойти от традиционного производства не представляется возможным», — убежден представитель компании «ИННФОКУС».

## Правильный выбор материала


Современные аддитивные технологии предполагают работу с широким спектром материалов, включая металлы, полимеры, композиты и даже керамику.

«Это расширяет возможности изготовления инструментов, позволяя использовать материалы с улучшенными свойствами, такими как повышенная твердость, износостойкость или легкость. Например, можно изготовить инструмент из композитного материала, который будет легче и прочнее традиционных сталей. Аддитивные технологии открывают новые горизонты в выборе материалов для инструментального производства», — подчеркивает Максим Сотник.

С 2017 года международная компания по предоставлению производственных услуг Jabil раз в два года проводит опрос руководителей, ответственных за принятие решений в области аддитивного производства, чтобы определить ритм развития отрасли и ее масштабное влияние на производственный сектор. В отчете, спонсируемом Jabil, представлены результаты опроса 200 лиц, принимающих решения, — руководителей среднего и высшего звена, курирующих аддитивное производство в своих организациях. По данным этого исследования, термопласты являются наиболее распространенными материалами в 3D-печати. Их используют 66 % организаций, участвовавших в опросе. При этом 20 % руководителей указывают на их равнозначное применение с металлами.

«Это говорит о том, что пластики не просто заменяют более традиционные материалы, но и существуют параллельно с ними, удовлетворяя уникальные требования отдельных проектов. Металлы, в свою очередь, все еще преобладают над полимерами, особенно в условиях, когда требуется высокая прочность и термостойкость. Интересно, что 96 % респондентов высказались в пользу металлических материалов, однако стоимость и доступность пластиков могут делать их более привлекательными в определенных сценариях, особенно при стремлении снизить вес или улучшить внешний вид изделий», — комментирует результаты опроса сооснователь компании SOTCOMP.

Максим Сотник,  
ООО «КБ «СОТКОМП» (SOTCOMP)



Аддитивные технологии могут значительно ускорить процесс производства инструментов, особенно при разработке прототипов и мелкосерийном производстве. Они устраняют необходимость в создании сложных приспособлений и оснастки, которая требуется при использовании традиционных методов. Однако для массового производства простых инструментов скорость аддитивных технологий может быть ниже из-за ограничений в скорости печати и необходимости последующей обработки».

Кастомизированные материалы тоже занимают свою нишу в аддитивных технологиях. Примерно две трети компаний используют индивидуально разработанные материалы, что позволяет создавать детали с уникальными эксплуатационными характеристиками, такими как долговечность, тепло- и электропроводность. Эти материалы могут быть специально адаптированы для конкретных промышленных приложений, например, для создания инструментов, способных работать при экстремальных температурах или в условиях высокой влажности.

«Спектр материалов для АТ постоянно пополняют новые сплавы, что расширяет сферы применения данной технологии. Это благотворно сказывается на всех отраслях промышленности, в том числе и на изготовлении инструмента. Однако для каждой детали подбирается свой конкретный инструмент в соответствии с материалом детали. Ведь на практике нет необходимости использовать твердосплавное сверло с охлаждающими каналами для отверстий в обычном дюралюминии. Другими словами, к каждой задаче должен быть индивидуальный подход. Изготовить инструмент из другого сплава, безусловно, возможно, и некоторые характеристики инструмента тем самым можно улучшить, но решение о необходимости замены материала нужно принимать в частном порядке», — напоминает **Николай Винокуров**.



**Дмитрий Синьгаев** подтверждает, что аддитивные технологии позволяют успешно реализовать потенциал нестандартных материалов с лучшими свойствами и характеристиками, помогая печатать более качественный и долговечный инструмент.

«Вместе с тем не стоит забывать о перечисленных критериях оценки целесообразности, соответствии инструмента текущим нормам и стандартам. Так, если мы говорим о широком промышленном использовании подобных изделий, отсутствие сертификации АТ как способа производства может стать фактором, ограничивающим повсеместное применение аддитивного оборудования», — подчеркивает представитель ГК «Диполь».

## Актуальность под вопросом

Как уже отмечали участники дискуссии, существуют производственные процессы, где использование 3D-печати нецелесообразно по экономическим или иным причинам. Один из таких спорных моментов — изготовление изделий из очень твердых материалов, например, твердосплавного инструмента.

«На основе многолетнего опыта работы в области аддитивных технологий могу утверждать, что на любом промышленном предприятии есть технологические процессы, где внедрение АТ приведет к значительному положительному эффекту. Именно на модернизацию этих процессов мы ориентируем заказчиков в рамках своей работы», — сообщил **Дмитрий Синьгаев**.

«Существуют определенные области промышленности, где применение 3D-печати для изготовления инструментов ограничено или невозможно. Это связано с требованиями к механическим свойствам, точности и износостойкости инструментов, которые могут быть недостижимы с использованием текущих аддитивных технологий. Инструменты, используемые в условиях высоких температур (например, в космической промышленности), требуют материалов с особыми свойствами, такими как высокая прочность и термостойкость. Некоторые из этих материалов сложно или дорого обрабатывать с помощью АД», — дополняет коллегу **Максим Сотник**.


Сооснователь компании SOTCOMP убежден, что 3D-печать твердосплавных режущих инструментов имеет потенциал для нишевых приложений, где требуются уникальные геометрические формы или особые свойства материала. Однако для массового развития этого направления существуют определенные ограничения, включая высокую стоимость и технические сложности при работе с твердыми сплавами. Тем не менее с развитием технологий и снижением стоимости материалов массовое применение может стать более реалистичным, считает эксперт.

«Инструменты, требующие использования сверхтвердых материалов, таких как алмазы или специальные керамики, могут быть неподходящими для аддитивного оборудования, поскольку технология печати может не обеспечивать необходимую прочность или износостойкость. Инструменты очень большого размера могут превышать размерные возможности существующих 3D-принтеров, особенно если требуются сложные формы или высокая точность. Тем не менее, аддитивные технологии продолжают развиваться, и с течением времени ограничения могут уменьшаться по мере появления новых материалов и методов печати», — делится оптимистичным прогнозом **Максим Сотник**.

«Можно сказать, что аддитивные технологии совершенно точно ускоряют процесс производства, особенно если это штучный уникальный продукт или мелкая серия. Создание рабочего прототипа, его испытания и изготовление пробной партии с использованием 3D-печати происходят значительно быстрее, чем традиционными методами. В случае серийного производства инструмента пока предпочтение отдается «старой школе». Хотя АТ можно внедрить и на массовом производстве для проведения предварительных испытаний совместно с математическим моделированием для верификации теоретических концепций.

И все же, на мой взгляд, до массового изготовления инструмента методом АТ современная отечественная промышленность не дойдет. Разработка новых материалов, их испытания и сертификация для различных отраслей промышленности займут немало времени. Перспективы данного направления, определенно, есть, тем более что стоимость 3D-печати уже соизмерима с традиционными методами производства. Однако для массового сегмента такой инструмент, скорее всего, будет слишком дорогим. В нишевом использовании он, определенно, укоренится и заслуженно займет свое место, но от традиционных технологий изготовления инструмента в этом веке уйти не получится», — убежден **Николай Винокуров**.

**Мария Кармакова,**

издание «Промышленные страницы» 



# НАЧИНАЕТСЯ С ВЕШАЛКИ

В России разработан и введен в действие новый межгосударственный стандарт, регулирующий испытания одежды на соответствие требованиям по антистатической защите, — ГОСТ IEC TS 61340-4-2-2024 «Электростатика. Методы испытаний для прикладных задач. Электростатические свойства одежды».





Как известно, изготовление повседневной одежды не предполагает включения электростатически рассеивающих материалов, что следует рассматривать в качестве одного из факторов риска на производстве электроники. Накопление электростатических зарядов на одежде сотрудника приводит к следующим угрозам и помехам:

- поверхность одежды притягивает пыль и прочие частицы;
- и без того легкая ткань может прилипнуть к телу пользователя;
- электрическое поле, накопленное на обычной одежде персонала, способно повредить чувствительные электронные системы и компоненты;
- электростатический разряд от одежды может стать причиной воспламенения или взрыва материалов — порошков, жидкостей или газов;
- заряд на одежде способен привести к разряду с тела пользователя.

Возникновение таких эффектов опасно и недопустимо. Для оценки вероятности появления возможных проблем определяют предрасположенность одежды к накоплению заряда или генерации электростатических разрядов, или оценивают способность одежды рассеивать заряд за требуемое время.

Сегодня на рынке представлен широкий ассортимент специализированной одежды. В частности, у ГК «Диполь» есть предложения, которые соответствуют требованиям стандартов по антистатической защите, варьируются от антистатических халатов, брюк и головных уборов до перчаток и обуви.

ГОСТ IEC TS 61340-4-2-2024, разработанный АО НПФ «Диполь», регламентирует методы испытаний и процедуры, которые используют для оценки электростатического заряжения и возникновения электростатических разрядов, способности к ослаблению поля и рассеиванию зарядов на одежде и материалах, из которых она изготовлена.




## Справка

Развитие стандартизации в области антистатической защиты в РФ поручено Техническому комитету 072 «Электростатика», функционирующему на базе предприятий, входящих в группу компаний «Диполь».

Комитет является формой сотрудничества заинтересованных организаций и органов власти при проведении работ по национальной, межгосударственной и международной стандартизации в сфере электростатики.

В настоящее время основная цель работы ТК 072 в России — развитие и внедрение современных требований по антистатической защите для поддержания на высоком уровне качества выпускаемой и продаваемой продукции ЭКБ.

Ознакомиться с деятельностью Технического комитета и перечнем стандартов можно на сайте [antistatika.ru](http://antistatika.ru). 

Российский форум «Микроэлектроника 2024»

# МЭФ ФОРУМ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

# ФОРУМ ГА МИАТ

С 23 по 28 сентября в Парке науки и искусства «Сириус» состоялся  
Российский форум «Микроэлектроника-2024».

Это ключевое информационное событие года в мире электронных технологий. Площадка, задуманная как диалог между разработчиками электронной компонентной базы и производителями готовой продукции, вызывает неизменный интерес участников всех отраслей промышленности.

**Цель мероприятия** – комплексно рассмотреть актуальные вопросы разработки, производства и применения отечественной электронной компонентной базы и высокоинтегрированных электронных модулей; содействовать развитию отечественной микроэлектроники, представить разработки и возможности современных технологий.

В нынешнем году Форум отметил свое десятилетие. За прошедшее время благодаря насыщенной деловой и научной программе он вырос в авторитетную площадку профессионального сообщества.

**Группа компаний «Диполь» — один из постоянных участников этого важного отраслевого мероприятия.**

В 2024 эксперты компании продемонстрировали установку плазменной очистки Cute, собственные разработки в области программного обеспечения (К.У.П.О.Л.; ЭМИКА) и презентовали новое направление «Диполь» — материалы для производства микроэлектроники.

Комментируя свое участие в выставке, эксперты «Диполь» отметили, что, по сравнению с рынком сборки печатных узлов, в области микроэлектроники не так много компаний, готовых квалифицированно заниматься поставкой и внедрением соответствующих решений. Сложность технологий ограничивает возможности по запуску, наладке процесса и организации сервисного обслуживания.



При этом ГК «Диполь» обладает необходимыми ресурсами и штатом специалистов с многолетним опытом работы на микроэлектронных предприятиях. Компания готова предложить готовые решения широкому спектру заказчиков: от опытных производств до крупносерийных микроэлектронных фабрик.



Это и процессы front-end, такие как литография, травление, нанесение тонких пленок, химико-механическая планаризация и т. п., и back-end — корпусирование, разварка кристаллов, инспекция и другие процессы. Компетенции «Диполь» позволяют поставлять, запускать и обслуживать весь спектр оборудования для сборочных и кристалльных производств, а также проектировать и строить инфраструктуру таких предприятий (подготовка чистых производственных помещений, обеспечение работы с газами и т. д.). Таким образом закрываются все задачи построения микроэлектронного производства «под ключ».


Сейчас наблюдается взрывной рост интереса к направлению, и «Диполь» увеличивает обороты по поставкам микроэлектронного оборудования и смежных технологий. Фабрики расширяют свои производства, развиваются новые направления, такие как интегральная фотоника. Все это приводит к увеличению спроса на средства производства.

### Для справки:

Установка плазменной очистки Cute производителя Femto Science (Южная Корея) предназначена для плазмохимической обработки полупроводниковых пластин, керамических подложек, печатных плат, стекла, кварца и других изделий и материалов. Основное назначение установок — плазменная активация поверхностей, создание гидрофильных или гидрофобных поверхностей, плазменное или реактивно-ионное травление, микрофлюидика, точное приборостроение. Основные преимущества установки — компактность, простота использования, функциональность и подтвержденная надежность.

К.У.П.О.Л. (Комплекс Управления Производством и Организация Логистики) — это комплекс

программ и устройств, оптимизирующий каждый этап и участок производственной деятельности от целого предприятия до конкретного рабочего места. Применение системы позволяет обеспечить оптимальную загрузку оборудования и прозрачность процессов, сбор данных со сборочных линий, контроль за перемещением изделий.

ЭМИКА, новейшая разработка «Диполь», является программным обеспечением для интуитивно понятного программирования без написания кода в области испытаний, измерений и контроля. Данное ПО позволяет создавать контрольные алгоритмы и измерительные процедуры в виде интуитивно понятных графических схем. 

Калейдоскоп науки

# КАЛЕЙДОСКОП НАУКИ



## Геликонный плазменный ракетный двигатель. Разработано в России

Специалистами Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С. П. Королева (относится к «Роскосмосу») получен патент на уникальную конфигурацию геликонного электроракетного плазменного двигателя, который в будущем может использоваться для космических перелетов около Земли и в глубоком космосе.

Данный двигатель известен также под названием геликонный плазменный ракетный двигатель (ГПРД). Под термином геликон понимают низкочастотные электромагнитные волны в плазме во внешнем постоянном магнитном поле. В такой двигательной установке специальная система магнитов формирует сверхмощное магнитное поле, сквозь которое как раз и пропускается так называемое рабочее тело, которое, по сути, может быть любым (например, газы, в том числе и азот, который легко обнаружить в открытом космическом пространстве).

Пройдя через эту систему магнитов, газ (рабочее тело) преобразуется геликонными волнами в плазму, которая, выбрасываясь, как раз и создает необходимую тягу.

Так как при этом в данной конструкции отсутствуют электроды, которые погружены в плазму (как у ионных установок), то получается, что у таких систем огромный ресурс наработки на отказ. Также к минимуму сведено разрушение стенок рабочей камеры, и полностью отсутствуют движущиеся элементы.

Российским специалистам удалось получить такую конструкцию магнитной системы, в которой оказалась удачно совмещена система транспортировки рабочего тела, при которой сильно снизилась масса геликонного ракетного двигателя.

## Удивительный метод преобразования света в электричество

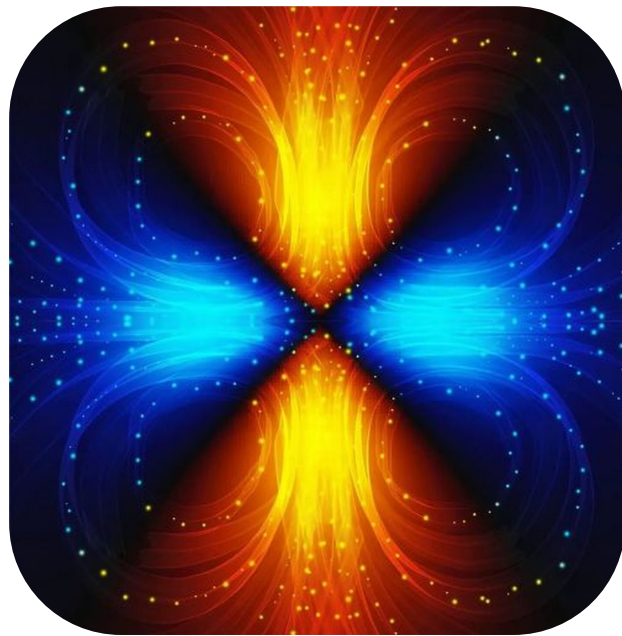
Команда исследователей из Бостонского колледжа обнаружила, что фототок втекает (показан синим цветом) вдоль одной кристаллической оси полуметалла Вейля и вытекает (показан желтым/оранжевым) вдоль перпендикулярной оси, представленной здесь, в результате новой методики, разработанной командой с использованием квантовых датчиков магнитного поля для визуализации потока электричества.

Многие современные технологии, такие как камеры, волоконно-оптические системы и солнечные панели, основаны на преобразовании света в электрические сигналы. Однако в большинстве материалов простое попадание света на их поверхность не приводит к выработке электричества, поскольку нет определенного направления потока электричества. Чтобы преодолеть эти ограничения и создать новые оптоэлектронные устройства, исследователи изучают уникальные свойства электронов в полуметаллах Вейля.

Команда изучила материалы дителлурид вольфрама и тетрателлурид иридия тантала, которые оба относятся к классу полуметаллов Вейля. Исследователи подозревали, что эти материалы были бы хорошими кандидатами для генерации фототока, потому что их кристаллическая структура по своей сути является инверсионно-асимметричной; то есть кристалл не отображает сам себя, меняя направления относительно точки.

В рамках проекта разработана новая техника с использованием квантовых датчиков магнитного поля, называемых центрами азотных вакансий в алмазе, для получения изображения локального магнитного поля, создаваемого фототоками, и восстановления полных линий потока фототока.

Команда обнаружила, что электрический ток протекал по четырехкратной вихревой схеме вокруг того места, где свет падал на материал. Команда далее визуализировала, как контур циркулирующего потока изменяется с помощью краев материала, и обнаружила, что точный угол наклона края определяет, является ли общий фототок, вытекающий из устройства, положительным, отрицательным или нулевым.



Изображения потока позволили объяснить, что механизм генерации фототока на удивление обусловлен анизотропным фототермоэлектрическим эффектом, то есть различиями в том, как тепло преобразуется в ток вдоль разных плоскостных направлений полуметалла Вейля.

Удивительно, но появление анизотропной термосилы необязательно связано с инверсионной асимметрией, проявляемой полуметаллами Вейля, и, следовательно, может присутствовать в других классах материалов.



## Призрак имеет массу

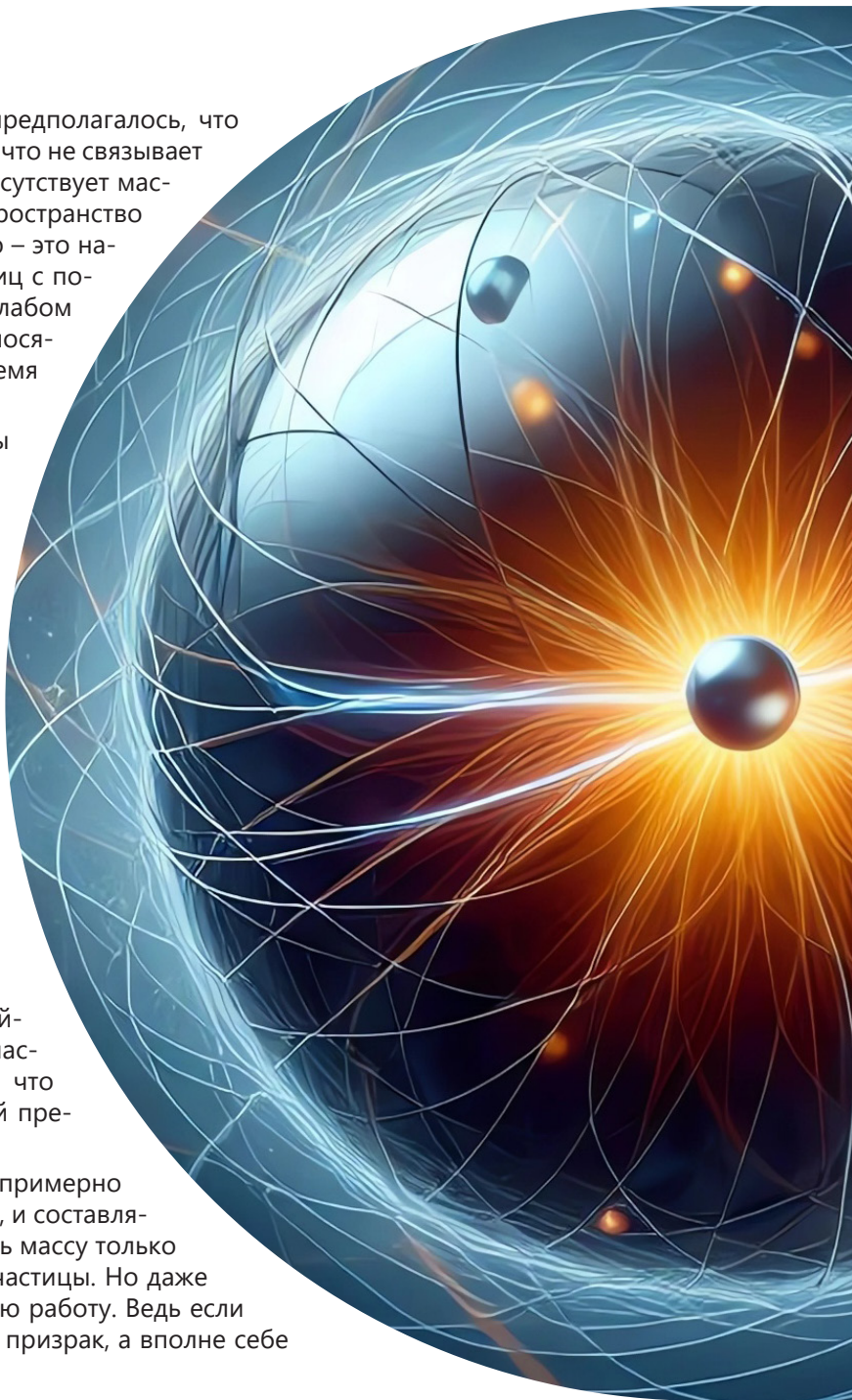
До относительно недавнего момента предполагалось, что нейтрино – это частица-призрак, которую ничто не связывает с объективной реальностью. У нее якобы отсутствует масса, а способность к прохождению сквозь пространство и объекты ничем не регулируется. Нейтрино – это название нейтральных фундаментальных частиц с полусцелым спином, участвующих только в слабом и гравитационном взаимодействиях и относящихся к классу лептонов. В настоящее время известно три разновидности нейтрино.

По мнению скептиков, если у частицы нет массы, то такая частица и не существует. В некоторой степени тут они оказались правы. Ведь нейтрино все-таки обладает массой! Более ранние исследования подразумевали весьма сложные технологические процессы при поиске этой частицы. Например, детекторы приходилось располагать под толщей воды, чтобы избавиться от фона, создаваемого другими частицами.

Если масса нейтрино измерена, то это подразумевает появление новых законов физики, которые способны выходить за рамки стандартной модели. Это может привести к объяснению ряда наблюдаемых явлений чем-то, кроме физических парадоксов.

Высокая проникающая способность нейтрино подразумевала отсутствие у нее массы. Но впоследствии все-таки выяснилось, что у этой якобы мнимой частицы есть верхний предел массы.

Оказалось, что масса нейтрино примерно в миллион раз меньше, чем масса электрона, и составляет  $1,5 \times 10^{-37}$  килограммов. Измерить удалось массу только одного из трех подтипов этой призрачной частицы. Но даже такое измерение настраивает на дальнейшую работу. Ведь если призрак приобретает массу, то это уже и не призрак, а вполне себе значимый физический объект.



Подготовлено на основе материалов научно-популярного журнала «Зеркало Мира» 