

Октябрь 2025 | № 11

Электронный дайджест

# ЭКСПЕРТ+



### Оборудование

2

#### Собраться за столом

Лабораторные столы: вопросы выбора.



### Событие

10

#### Обучение СТАРТовало

В Челябинске на базе Южно-Уральского государственного университета и кампуса «Школа 21» запущен новый образовательный проект «Школа 21. Старт». Группа компаний «Диполь» приняла участие в оснащении учебных помещений.



### Технологии

12

#### Расстояние имеет значение

Коррекция требований к допустимому излучению и воспроизводимость измерений излучаемых помех при тестировании ЭМС.

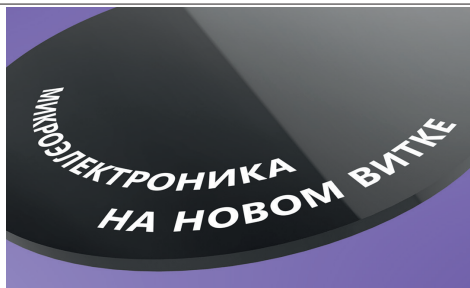


### Событие

18

#### Микроэлектроника на НОВОМ ВИТКЕ

С 22 по 27 сентября в Парке науки и искусства «Сириус» проходил Российский форум «Микроэлектроника». Группа компаний «Диполь» — один из постоянных участников этого важного отраслевого мероприятия.



### Оборудование

24

#### Действовать на автомате

Сравнительный анализ автоматизированной и ручной поверки осциллографа Rigol MSO8104.



### Знания

32

#### Профессиональная организация

Группа компаний «Диполь» продолжает цикл семинаров, посвященных организации производства электроники в современных условиях. Новая встреча состоялась в сентябре в Санкт-Петербурге.

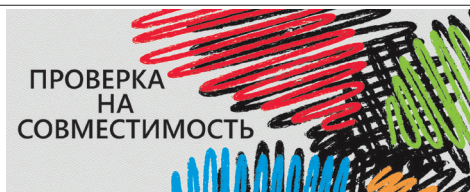


### Технологии

34

#### Проверка на совместимость

Исследование характеристик контрольно-измерительного оборудования для испытаний на устойчивость к электромагнитному излучению с применением LOW CODE-среды ЭМИКА.





## Событие

# 50 К лидерству через технологии

Основной фокус состоявшегося ПМЭФ-2025 сошелся на поиске общих ориентиров в условиях глобальной турбулентности, переосмыслении моделей сотрудничества и формировании основ устойчивого развития.

*К лидерству  
через технологии*



## Измерительное оборудование

# 62 Комплекс полноценности

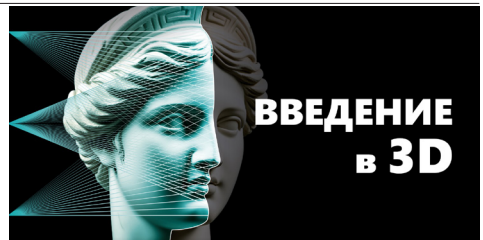
Комплексное обеспечение учебных лабораторий измерительными решениями.



## Знания

# 68 Введение в 3D

Группа компаний «Диполь» представила новый учебный курс «Тренинг по 3D-сканированию и реверс-инжинирингу». Первые выпускники уже получили сертификаты о прохождении образовательной программы.



## Событие

# 70 ПО парам

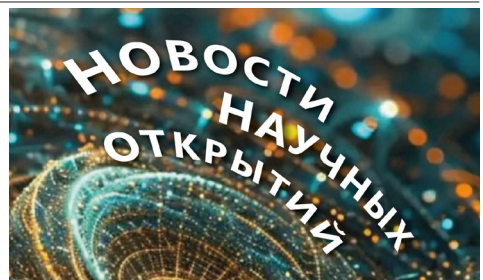
Колледж электроники и приборостроения (КЭП) начал новый учебный год. На торжественной линейке, посвященной Дню знаний, представители группы компаний «Диполь» поздравили студентов и коллектив колледжа с праздником и вручили сертификаты на программное обеспечение (ПО) собственной разработки.



## Новость

# 72 Новости научных открытий и технологических достижений

Квантовая переменная  
Время революции  
Я тебя запомнил!



Корпоративное информационное издание компании «Диполь».

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 — 58957 от 5 августа 2014 года.

Учредитель АО «Диполь Технологии».

Тираж 5000 шт. Распространяется бесплатно.

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

**Главный редактор:**  
Алексей СМЫШЛЯЕВ

**Арт-директор:**  
Николай ЕРЁМКИН

**Дизайн:**  
Николай ЕРЁМКИН







**Лабораторные  
столы:  
вопросы  
выбора**



Денис Спицын,  
специалист отдела  
продаж лабораторной  
мебели, ГК «Диполь»  
[SpitsynDV@dipaul.ru](mailto:SpitsynDV@dipaul.ru)

Лабораторный стол — не просто мебель, а важный инструмент, влияющий на эффективность работы сотрудников и результативность исследований. Существует множество типов лабораторных столов, у каждого из них свои особенности и область применения, и при таком разнообразии вариантов выбор правильного оборудования может оказаться непростой задачей.

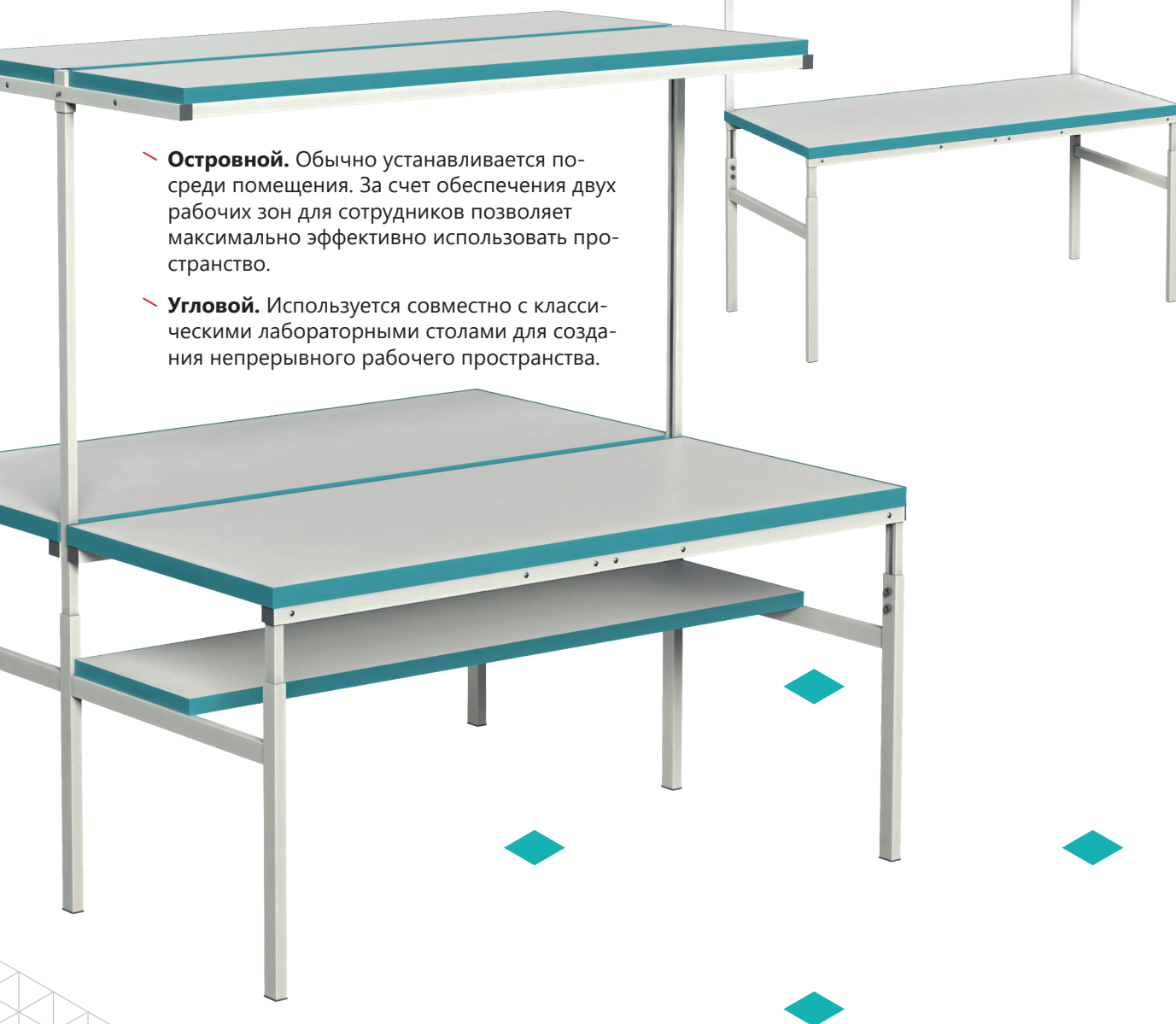


## Типы лабораторных столов

### Конструктив

Помещения лабораторий не стандартизированы, и для оптимального использования различных планировок производители предлагают лабораторные столы, различающиеся по внешним конструктивным особенностям:

- ✗ **Классический.** Имеет стандартную форму, при этом столешница изготовлена из материалов, устойчивых к воздействию ряда химических веществ.
- ✗ **Островной.** Обычно устанавливается посреди помещения. За счет обеспечения двух рабочих зон для сотрудников позволяет максимально эффективно использовать пространство.
- ✗ **Угловой.** Используется совместно с классическими лабораторными столами для создания непрерывного рабочего пространства.



## Назначение

Вышеперечисленные типы лабораторных столов универсальны по своему назначению. Для повышения эффективности рабочего процесса рекомендуется использовать модели, разработанные под определенные задачи:

- ✗ **Весовой.** Предназначен для размещения точных весов, позволяет исключить влияние внешних факторов на точность измерений. Стабильность поверхности обеспечивается в том числе специально рассчитанной тяжестью стола.
- ✗ **Подкатной.** Обеспечивает легкость перемещения оборудования внутри лаборатории.
- ✗ **Титровальный.** Разработан с учетом особенностей проведения процесса титрования. Это самое практичное решение при исследованиях состава химических растворов.
- ✗ **Компьютерный.** Специальный конструктив позволяет минимизировать негативное воздействие на зрение и осанку при работе на персональном компьютере.
- ✗ **Столы-мойки.** Оборудован мойкой, позволяющей проводить очистку посуды от остатков реагентов.

Даже недетализированный обзор позволяет понять, насколько непросто систематизировать все требования к лабораторному столу и выбрать подходящий вариант из возможных сочетаний.



Стол весовой



Стол-мойка



Стол подкатной

## Выбор — по шагам

Для обеспечения безопасных условий работы сотрудников лабораторная мебель должна соответствовать определенным критериям:

- ✖ **Устойчивость к воздействию химических веществ и высоких температур.**  
В этом случае рабочая поверхность изготавливается из специальных материалов с учетом класса опасности химических веществ и особенностей оборудования.
- ✖ **Наличие сертификата.** Мебель для лаборатории должна соответствовать требованиям, предусмотренным постановлением правительства РФ от 17 июля 2015 года № 719 «О производстве промышленной продукции на территории Российской Федерации».



Стол классик

На следующем этапе необходимо определиться, для каких целей предназначается лабораторный стол и каким условиям он должен соответствовать.

Вот примерный список вопросов и рекомендаций, помогающих сделать выбор столов для лаборатории более осознанным.

### Потребуется ли перемещать лабораторный стол или тяжелое оборудование?

Для обеспечения большей устойчивости рекомендуется приобрести модель с дополнительными шарнирными опорами. Если планируется перемещать тяжелое оборудование внутри помещения, то использование мобильных лабораторных столов на колесных опорах значительно облегчит задачу.

### Используются ли персональный компьютер?

Чтобы исключить негативное влияние на здоровье при длительной работе за компьютером, требуется правильно разместить монитор (правильный угол наклона и дистанция). Важное значение имеет и эргономика — выделенное место с удобным доступом к системному блоку и клавиатуре.



Стол компьютерный



## Планируется ли размещение оборудования на столе?

Наличие электропроводов может не только мешать работе, но и представлять потенциальную опасность. В этом случае важным условием становится такой конструктив стола, который предусматривает дополнительные («скрывающие») пространства для коммуникаций.

## Необходимо водоснабжение?

Если технология работы предполагает очистку посуды от реагентов и наличие раковины, идеальным решением будет приобретение стола-мойки. В конструкции такой мебели предусмотрены необходимые коммуникации, в том числе подводка воды.

## Будут ли использоваться точные весы?

Размещение весового оборудования на обычном столе, как правило, снижает точность измерений. Внешние воздействия особенно критичны для высокоточного оборудования. Специальные весовые столы служат для минимизации вибраций и влияния на итоговые показания.

Если ответы на перечисленные вопросы — отрицательные, то достаточно ориентироваться на конструктив и выбирать для лаборатории стандартные модели столов (классические, островные, угловые). Они универсальны по своему назначению и подбираются с учетом особенностей интерьера для максимально эффективной организации пространства.

При подборе мебели важны вопросы логистики, взаиморасчетов, оптимизации производственных процессов. С этой точки зрения оптимальный вариант: при прочих равных, рассматривать такого поставщика, который предоставляет наиболее широкий ассортимент оборудования — как по конструктиву, так и по назначению.

Компания «Диполь» уже более 20 лет выпускает металлическую мебель. Одно из направлений этого производителя — специальная линейка мебели VIKING LAB.



## Особенности лабораторных столов VIKING LAB

В конструкции лабораторных столов VIKING LAB предусмотрены элементы, позволяющие подстроить рабочее пространство под конкретные запросы. К преимуществам лабораторных столов основных серий мебели Классик LAB и Дельта LAB можно отнести:

- ✎ **Регулируемость.** Высота всех моделей лабораторных столов VIKING LAB регулируется в диапазоне от 650 до 900 мм, что дает возможность подстроить рабочее место под особенности конкретного сотрудника.
- ✎ **Модификация стандартной конструкции.** Электроблок, раковина, весовой стол в комбинированной модели — по желанию заказчика эти элементы могут быть оборудованы как в левой, так и в правой части стола.
- ✎ **Дополнительная комплектация.** В большинство моделей могут быть встроены полки, дополнительное освещение и другие сервисные надстройки. Расширить пространство для хранения позволит тумба (приобретается отдельно).
- ✎ **Необычный дизайн.** Яркие бирюзовые вставки — отличительная особенность мебели VIKING LAB. Эксклюзивность и эстетика оживляют интерьеры рабочих помещений.
- ✎ **Наличие сертификатов.** На мебель линейки VIKING LAB получены все необходимые сертификаты на соответствие государственным стандартам.
- ✎ **Изменяемые габариты.** Каждая модель выполняется в нескольких вариантах, что позволяет выбрать оптимальную глубину рабочей поверхности.
- ✎ **Широкий выбор материалов.** Для различных исследовательских и экспериментальных работ производитель готов предложить оптимальный материал столешницы: ЛДСП, HPL, HPL PLUS, керамогранит, полипропилен, нержавеющая сталь.

### «Классик LAB»

Данная линейка отличается простотой и лаконичностью. При этом благодаря возможности выбора габаритов и персонализации под задачи выбор остается достаточно широким.

- ✎ **Лабораторный стол «Классик LAB».** Отличается универсальностью применения. Также можно добавить дополнительное пространство для хранения в виде полок, каждая из которых выдерживает до 50 кг.
- ✎ **Островной стол «Остров LAB»** — обеспечивает рабочее пространство нескольким сотрудникам, может быть оборудован различными сервисными надстройками.
- ✎ **Угловой соединительный стол.** Позволяет расширить рабочее пространство и максимально эффективно его использовать.
- ✎ **Стол-мойка CM LAB.** Может быть оборудован как одной, так и двумя раковинами. Рабочая поверхность выполнена из нержавеющей стали. Стальной каркас покрыт краской, устойчивой к воздействию химических веществ.





- ✗ **Компьютерный стол СК LAB.** Четыре колеса со стопами позволяют перемещать компьютер. Столешница выполнена из ЛДСП.
- ✗ **Подкатной стол.** Облегчает перемещение тяжелого оборудования в пределах лаборатории. Выдерживает до 150 кг.
- ✗ **Универсальный стол «Универсал LAB».** Стационарный вариант трансформируется в мобильный с помощью комплекта колесных опор со стопами.
- ✗ **Весовой стол.** Предназначен для стабилизации весового оборудования. Столешница выполнена из гранитной плиты толщиной 30 мм, выдерживает нагрузку до 300 кг.
- ✗ **Весовой комбинированный стол.** Совмещает весовой и универсальные столы. Гранитная плита весового стола вмонтирована непосредственно в столешницу универсального лабораторного стола, предоставляя место для размещения весового оборудования и создавая дополнительное рабочее пространство.



### «Дельта LAB»

Данная серия лабораторной мебели ориентирована на задачи, предполагающие использование большого количества оборудования, а также нашла применение в поиске оригинальных интерьерных решений.

Одна из особенностей мебели «Дельта LAB» — конструкция предусматривает пространство для проведения скрытых коммуникаций. Основные модели:

- ✗ **Лабораторный стол Дельта LAB** — в базовой комплектации поставляется вместе со светодиодным освещением, основной полкой и встроенным блоком розеток.
- ✗ **Столешницы-мойки ДЕ-СМ LAB.** Дверцы фиксируются при помощи магнитов и утоплены вглубь для удобства взаимодействия с раковиной.
- ✗ **Подкатные столы.** В отличие от моделей мобильного типа серии «Классик LAB» могут выдержать до 200 кг нагрузки.



Кроме классических моделей в линейке лабораторной мебели VIKING LAB есть стол лабораторный автоматический «Сигма LAB». Можно программно установить несколько вариантов высоты в диапазоне от 750 мм до 1250 мм, и по кнопке стол автоматически поднимается или опускается.

Таким образом линейка мебели VIKING LAB позволяет решать широкий диапазон задач: от прикладного применения до организации удобного и оригинального рабочего пространства.

📷 — Никита Бессонов



# Обучение СТАРТовало



**В Челябинске на базе Южно-Уральского государственного университета и кампуса «Школа 21» запущен новый образовательный проект «Школа 21. Старт». Группа компаний «Диполь» приняла участие в оснащении учебных помещений.**

**Проект «Сбера» — кампус «Школа 21»**, предназначен для желающих сменить профессию и найти себя в сфере ИТ.

Новый детский трек «Школа 21. Старт» предназначен для талантливых ребят в возрасте от 11 до 14 лет, которые осваивают современные цифровые технологии и приобретают важные профессиональные навыки будущего.

Особенность данного направления заключается в создании среды для развития творческих способностей каждого ребенка, предусматривающей освоение цифровой культуры и подготовку будущих специалистов в области информационных технологий.

Обучение проходит в классах с современным оборудованием.

**В частности, компания «Диполь» предоставила эргономичные рабочие места серии «Дельта» (модели Delta Viking ESD) и лабораторные антистатические стулья VKG C-200.**

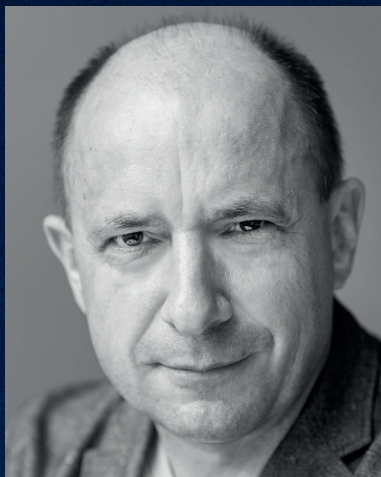
Комфортные условия позволяют участникам эффективно изучать основы программирования, развивать инженерное мышление и готовиться к будущему успеху в мире высоких технологий. 



Источник – [www.21-school.ru](http://www.21-school.ru)



# РАССТОЯНИЕ



Андрей Смирнов,  
д. т. н., руководитель  
направления ЭМС и  
радиоизмерений АО НПФ  
«Диполь»  
[smirnov@dipaul.ru](mailto:smirnov@dipaul.ru)





# ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ

## Коррекция требований к допустимому излучению и воспроизводимость измерений излучаемых помех при тестировании ЭМС

В статье рассматриваются предложения по регламентации требований к уровням излучаемых помех при испытаниях электромагнитной совместимости с учетом изменений измерительного расстояния. Показано, что для наиболее популярных измерительных площадок типа полубезэховых камер используемая в стандартах поправка, основанная на обратно пропорциональной зависимости напряженности поля от расстояния, адекватно не учитывает влияние пластины заземления. Рассматриваются подходы и приводятся теоретические данные для более точных поправок пересчета норм помех или результатов измерений напряженности поля при изменении расстояния. Анализируются экспериментальные результаты, иллюстрирующие достоверность расчетов поправок и подтверждающие необходимость их уточнения для обеспечения воспроизводимости результатов измерений.



Современное развитие и эксплуатация промышленного оборудования характеризуются высоким уровнем применения радиотехнических средств. Высокая пространственная и частотная плотность размещения таких технических средств порождает проблему обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС).

Согласно определению, под ЭМС понимается способность технических средств функционировать в заданной электромагнитной обстановке и не создавать электромагнитные помехи другим техническим средствам.

Среди испытаний ЭМС разных типов важное место занимают измерения излучаемых помех в диапазоне частот 30–1000 МГц.

Поскольку результат измерений напряженности поля излучаемых помех зависит от измерительного расстояния, для обеспечения воспроизводимости этих результатов стандарты по методам испытаний и нормам к допускаемым уровням помех [1–3] устанавливают ряд фиксированных измерительных расстояний, наиболее распространенными из которых являются 3 или 10 м. Возможность применения нескольких измерительных расстояний учитывает габаритные размеры объектов испытаний и экономические затраты на создание и эксплуатацию необходимых измерительных площадок (ИП) с разным измерительным расстоянием.

Важным фактором, определяющим адекватность результатов измерений реальным условиям эксплуатации объектов испытаний, является влияние отражений от пола и локально расположенных предметов. Учет этого фактора обеспечивает получение максимально возможных уровней помех, которые достигаются синфазными сложениями сигналов с разных направлений. Таким образом, измерения излучаемых помех проводятся в основном в так называемых полубезэховых камерах (semi-anechoic chamber, SAC), где пол имитируется металлической пластиной заземления, а остальные поверхности покрыты радиопоглощающим материалом. Наибольшее распространение получили ИП типа SAC3 (измерительное расстояние 3 м) и SAC10 (измерительное расстояние 10 м), для каждой из которых стандартами определены свои нормы к помехам. Очевидно, что более достоверные измерения возможны на более удаленном расстоянии, в частности, на ИП SAC10. Обычно для этого измерительного расстояния регламентированы нормы к уровням излучений. Однако экономические обстоятельства делают приоритетными распространение SAC3, что заставляет корректировать результаты измерений на расстояние 10 м либо, наоборот, делать поправку с пересчетом норм с 10 на 3 м.



Таким образом, существование ИП с разным измерительным расстоянием, возможность появления спорных ситуаций при принятии решения о соответствии нормам, необходимость обеспечения воспроизводимости результатов измерений на разных ИП, а также корректность обязательных в настоящее время межлабораторных сравнительных испытаний [6] побуждают подтверждать корректность связи результатов измерений помех на ИП с разным измерительным расстоянием. Тем не менее представляется, что устанавливаемый подход к расчету поправки [1–3], основанный только на обратной пропорциональной зависимости измеренной напряженности поля от расстояния, является упрощенным и слабо учитывает особенности измерений помех на ИП SAC. Следовательно, применяемая для частот 30–1000 МГц постоянная поправка 10 дБ должна быть уточнена. Это подтверждают и положения стандартов ЭМС в части требований к характеристикам ИП с разным измерительным расстоянием. Согласно этим положениям, валидация ИП предполагает измерение нормализованного затухания площадки (normalized site attenuation, NSA) и сравнение его с табулированными в стандартах значениями NSA идеальных ИП.

Сравнение имеющихся значений NSA для разных расстояний позволяет заключить, что указанная поправка для пересчета норм с 10 на 3 м существенно отличается от 10 дБ и изменяется в зависимости от частоты. Таким образом, обнаруживается противоречие между количественным подходом к обоснованию норм и фактическими показателями к требуемым характеристикам ИП. Следовательно, возникает необходимость в уточнении подходов, обеспечивающих корректное сравнение норм или результатов измерений излучаемых помех на разных измерительных расстояниях.

Прежде решение этой задачи сдерживало отсутствие в стандартах описания моделей измерений и требований к средствам измерений [4], относящихся к валидации ИП, а имевшиеся данные в табулированном виде приводились только для ограниченного набора частотных точек. В последующих версиях стандартов [5] были конкретно указаны типы антенн, выбранных для расчета табулированных NSA, и модель измерений. В частности, было показано, что расчет NSA ИП с идеальной пластиной заземления был проведен для антенн типа диполей Герца, а результирующий помеховый сигнал определялся как суперпозиция прямого и отраженного сигналов с учетом фазового соотношения между сигналами разных путей распространения. Эта информация позволяет рассчитать NSA для любых ИП типа SAC, а также

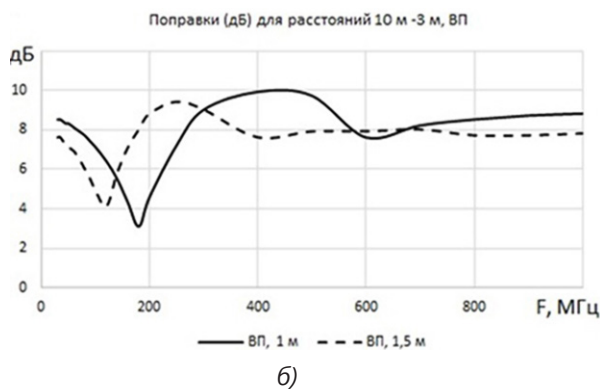
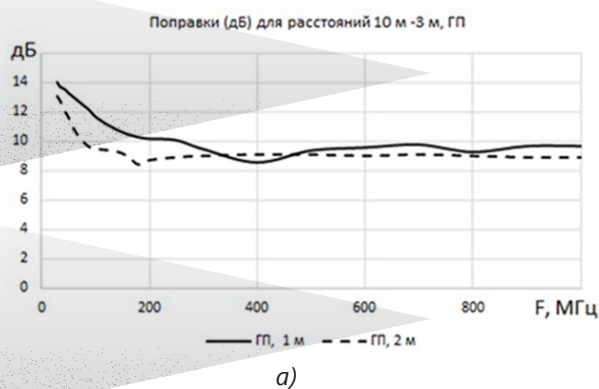


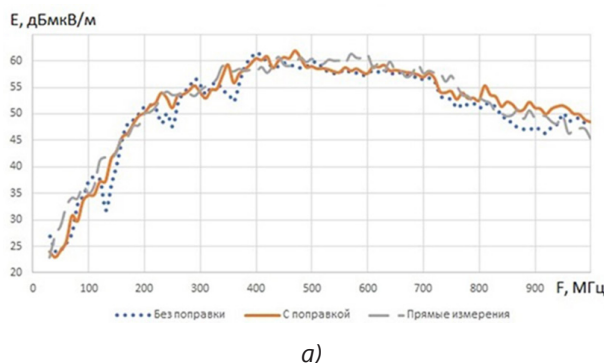
Рис. 1. Частотные зависимости поправок для норм и условий измерений SAC при разных высотах источника и разных поляризациях: а) горизонтальная (ГП); б) вертикальная (ВП)

для любых частот и поляризаций. В итоге было установлено, что разность значений NSA для SAC3 и SAC10 не является постоянной, зависит от частоты, поляризации и высоты источника помех. В частности, из приведенных графиков на рис. 1 видно, что разница между значениями NSA для измерительного расстояния 3 и 10 м существенно отличается от указанной ранее поправки 10 дБ. Более того, погрешность в оценке поправки (отличие от 10 дБ) достигает 4–6 дБ для отдельных частотных точек. Это значит, что корректировка норм для пересчета с измерительного расстояния 10 м на измерительное расстояние 3 м должна осуществляться тщательнее по сравнению с существующим подходом, который использует постоянную поправку 10 дБ.



Для проверки предлагаемых процедур были проведены экспериментальные исследования. Их целью являлось сравнение результатов измерений уровня излучаемых помех от некоторого калибровочного излучателя для удаленного расстояния 10 м, полученных из данных измерений на близком расстоянии 2 м простым пересчетом и пересчетом с учетом поправок, учитывающим влияние отражающей поверхности на SAC. В качестве калибровочного отражателя использовался малогабаритный излучатель KSQ1000A (производства Teseq, Германия), создающий линейчатый спектр излучения в диапазоне 30–1000 МГц с установленным дискретным шагом по частоте 10 МГц.

### Результаты сравнительных измерений представлены на рис. 2.



Сравнение графиков показывает, что результаты пересчета к данным прямых измерений при учете конфигурации измерений и влияния ИП типа SAC лучше, что в целом подтверждает обоснованность применения более строгих поправок при обосновании норм и измерении излучаемых помех в целях воспроизводимости результатов испытаний ЭМС.

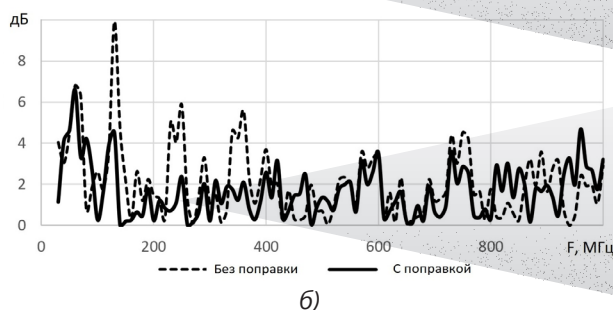


Рис. 2. Экспериментальные результаты измерения: а) напряженности поля; б) отклонения от спецификации без поправки и с поправкой

### Литература

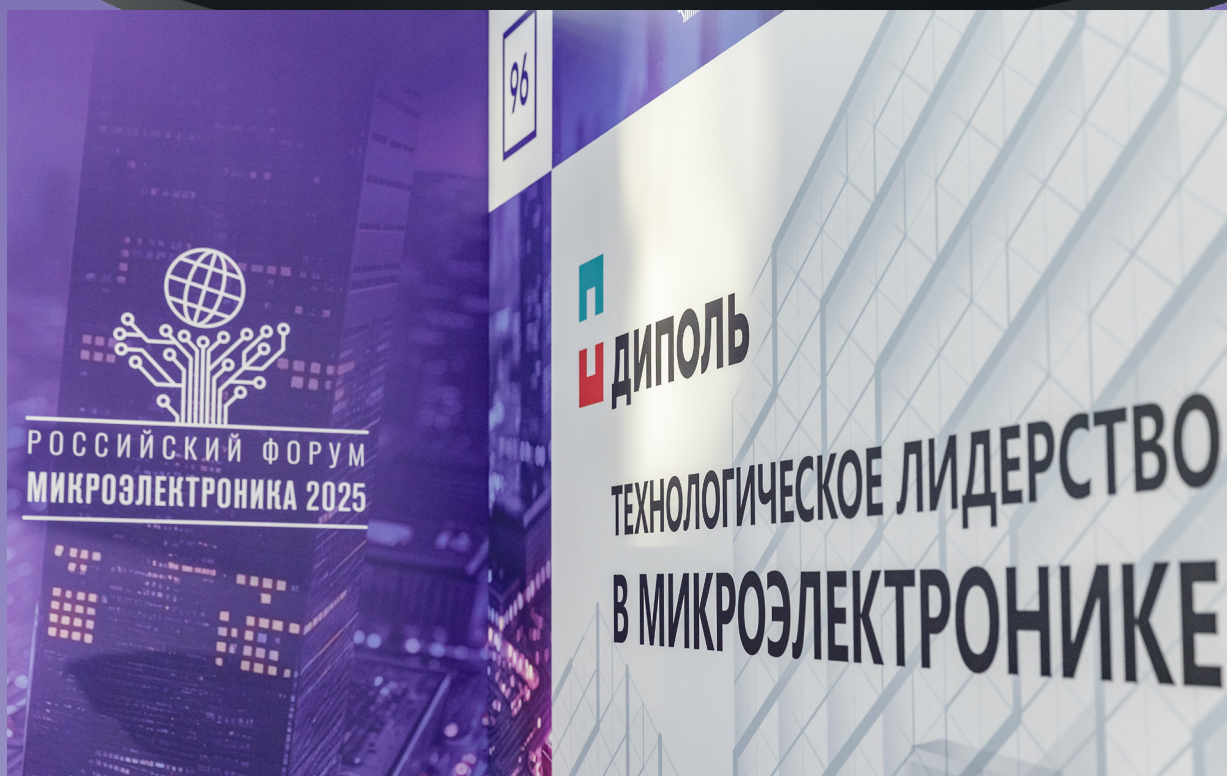
- ГОСТ CISPR 11-2017.** Электромагнитная совместимость. Оборудование промышленное, научное и медицинское. Характеристики радиочастотных помех. Нормы и методы испытаний.
- ГОСТ CISPR 32-2015.** Электромагнитная совместимость оборудования мультимедиа. Требования к электромагнитной эмиссии.
- ГОСТ Р 51320-99.** Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные. Методы испытаний технических средств – источников промышленных радиопомех.

- ГОСТ CISPR 16-1-4-2023.** Совместимость технических средств электромагнитная. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерений излучаемых помех.

- ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.** Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

С 22 по 27 сентября в Парке науки и искусства «Сириус» проходил Российский форум «Микроэлектроника». Группа компаний «Диполь» — один из постоянных участников этого важного отраслевого мероприятия.

# МИКРОЭЛЕКТРОНИКА НА НОВОМ





БИТКЕ

Российский форум «Микроэлектроника» проводится с 2015 года и за десять лет стал важнейшим событием в сфере высоких технологий и основной межотраслевой площадкой для обсуждения стратегии развития отрасли ведущими учеными, представителями власти, разработчиками и производителями электроники.

Цель мероприятия — комплексное рассмотрение актуальных вопросов производства и применения электронной компонентной базы и высокоинтегрированных электронных модулей; содействие развитию отечественной микроэлектроники; демонстрация разработок и возможностей современных технологий.

Впечатляющий состав участников, насыщенная деловая и научная программа — сейчас форум является авторитетной площадкой профессионального сообщества, за семь дней в его работе приняли участие более 3500 человек, прозвучало свыше 1100 докладов.



Мероприятие стартовало 22 сентября с пленарного заседания, на котором выступил председатель Правительства Российской Федерации Михаил Мишустин.

Приветствуя участников, глава Правительства дал оценку масштабам государственной поддержки научных коллективов и разработчиков, а в качестве ключевых инструментов помощи предприятиям назвал программу Фонда развития промышленности и Кластерной инвестиционной платформы. «В отрасли за пять лет удалось привлечь около 40 миллиардов рублей в виде частных вложений и льготных кредитов. На эти средства были построены высокотехнологичные производства в целом ряде наших регионов», — сообщил премьер-министр.

Особое внимание в выступлении было уделено мерам поддержки производителей (включая компенсацию потерь при снижении цены на продукцию) и повышению уровня локализации электронной аппаратуры для организации производства широкой компонентной базы, обеспечению шагов по созданию гибких технологических линий с высокой степенью автоматизации. Как отметил премьер, «за последние годы правительство инициировало разработку более полусотни типов приборов, свыше 150 видов материалов и около

### Ключевые тезисы

#### Премьер-министр Михаил Мишустин

- Государственный бюджет выделит более 250 млрд рублей на развитие микроэлектроники в течение ближайших трех лет.
- Важность локализации производства для минимизации зависимости от импорта.
- Значимость интеграции науки и промышленности для повышения конкурентоспособности отрасли.





20 модулей средств автоматизированного проектирования. Сегодня отечественный комплекс микроэлектроники насчитывает около 18 производственных линеек, 12 из которых были глубоко модернизированы за последние годы. Параллельно ведется работа еще над семью новыми производственными линиями, запуск которых к 2030 году, как ожидается, увеличит суммарные мощности более чем в восемь раз».



Компания «Диполь» активно участвует в формировании современной технологической инфраструктуры России.

В рамках форума эксперты компании «Диполь» продемонстрировали установки плазменной очистки **Cute**, **Covance** и **Cione**, а также собственные разработки:

- **ЭМИКА** — программное обеспечение 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.



**ДИПОЛЬ КУПОЛ**

- **К.У.П.О.Л.** (Комплекс Управления Производством и Организация Логистики) — 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, получение данных со сборочных линий, контроль за перемещением изделий.



### Ключевые тезисы

#### Первый зампред правительства Денис Мантуров

- Помимо внимания дизайну микросхем, необходимо сосредоточиться на создании собственных производственных мощностей.
- Важно обеспечить стабильность спроса со стороны бизнеса предоставлением гарантий и компенсаций убытков при колебаниях цен.

В связи со сложностью применяемых технологий в российском сегменте микроэлектроники пока не так много компаний, готовых квалифицированно заниматься поставкой и внедрением соответствующих решений.



При этом ГК «Диполь» располагает необходимыми ресурсами и штатом специалистов с многолетним опытом работы на микроэлектронных предприятиях. Компания может 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 подобных предприятий (подготовка чистых производственных помещений, обеспечение работы с газами и т. д.). Таким образом закрываются все задачи построения микроэлектронного производства под ключ.

### Ключевые тезисы

#### Президент РАН Геннадий Красников

- Кремниевая технология останется доминирующей в ближайшие десятилетия, однако параллельное развитие получают гибридные системы с использованием новых материалов (графен, нитрид галлия).
- Искусственный интеллект и робототехника становятся основными потребителями достижений микроэлектроники.





## Ключевые тезисы

### Генеральный директор «Роскосмоса» Дмитрий Баканов

- Необходимо обновление компонентной базы в космической отрасли, особенно в свете перехода к производству компактных спутников.
- Открытое сотрудничество с коммерческими производителями компонентов и демонстрация успешных кейсов взаимодействия.



— Алексей Смышляев

### 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.

Высокого оценивая рост интереса к направлению, «Диполь» увеличивает обороты по поставкам микроэлектронного оборудования и смежных технологий. Фабрики расширяют свои производства, развиваются новые направления, в том числе интегральная фотоника. Все это приводит к увеличению спроса на средства производства.

Помимо демонстрации решений в рамках выставки «Микроэлектроника-2025» специалисты «Диполь» провели встречи с заказчиками, обсудили технические вопросы и новые предложения компании.

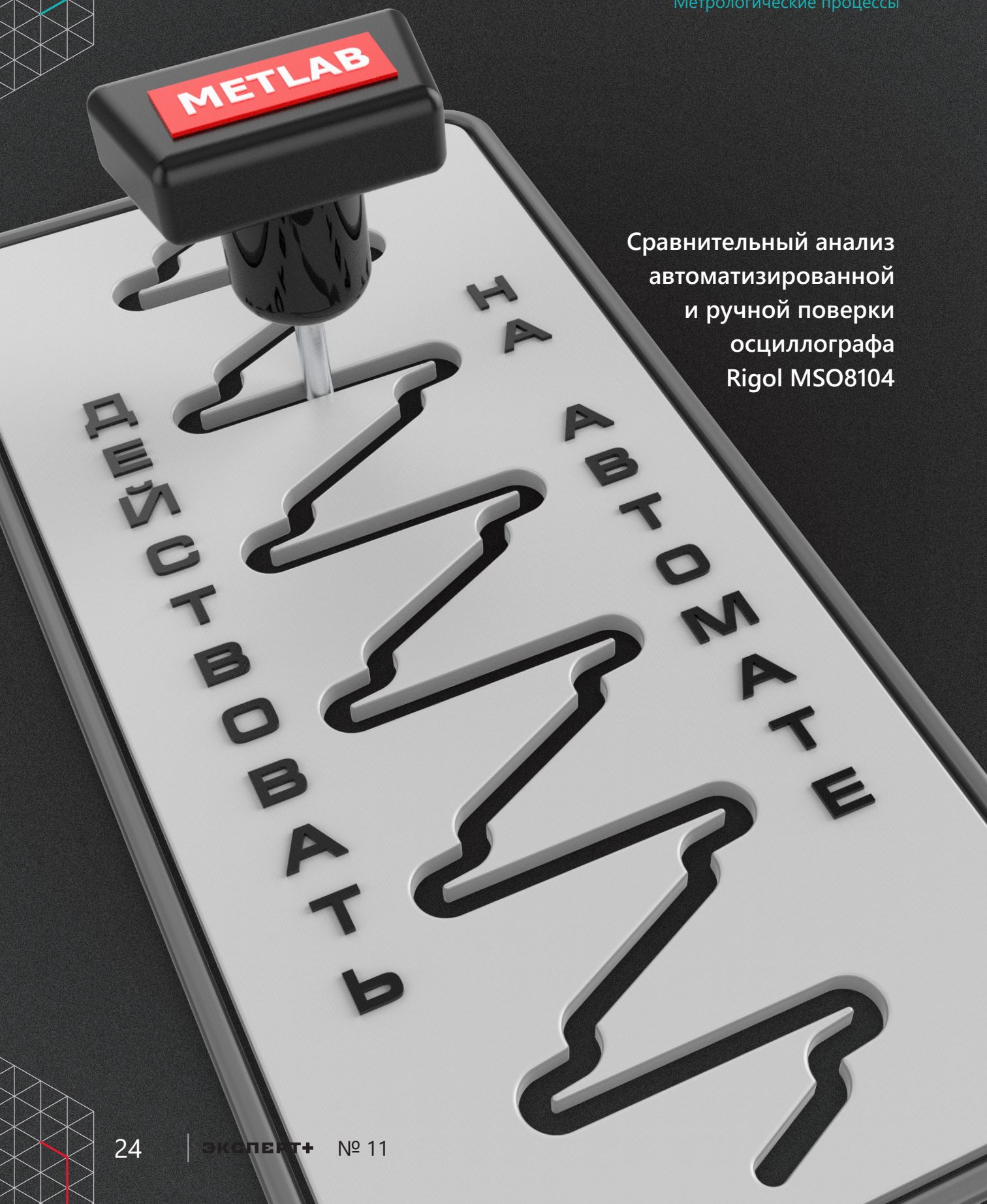
В ходе форума «Микроэлектроника 2025» состоялась серия интервью с ключевыми игроками отрасли. Гостем эфира на площадке сообщества Electronica Connect стал Дмитрий Иванов, генеральный директор АО «Диполь Технологии». Особый акцент в беседе был сделан на успешно реализованных проектах и стратегическом курсе компании на импортозамещение. Спикер поделился опытом создания технологических решений, позволяющих замещать иностранное оборудование и развивать собственные компетенции в электронной промышленности.

Ссылка на интервью —



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.





Сравнительный анализ  
автоматизированной  
и ручной поверки  
осциллографа  
Rigol MSO8104





**Александр Кондратьев,**  
*технический специалист,*  
ГК «Диполь»  
[KondratevAS@dipaul.ru](mailto:KondratevAS@dipaul.ru)



**Артем Овчинников,**  
*инженер-конструктор,*  
ГК «Диполь»  
[OvchinnikovAM@dipaul.ru](mailto:OvchinnikovAM@dipaul.ru)

Ориентируясь на запрос по автоматизации поверочных процессов, в 2022 году компания «Диполь» представила программное обеспечение METLAB, позволяющее автоматизировать процедуры измерений и учета средств измерений.

Изучая эффективность данного ПО, специалисты компании на примере осциллографа Rigol MSO8104 провели сравнительный анализ ручной и автоматизированной поверки с использованием METLAB.

## Введение

Современные метрологические лаборатории сталкиваются с растущими требованиями к точности измерений, надежности результатов и скорости выполнения поверочных процедур. В условиях возросшей нагрузки на специалистов, а также дефицита поддерживаемого зарубежного программного обеспечения, все более актуальной становится автоматизация процессов поверки с помощью отечественных решений.

# METLAB

Одним из таких решений стало разработанное группой компаний «Диполь» ПО METLAB — мощный инструмент, адаптированный под российские стандарты и нормативные документы, позволяющий полностью автоматизировать процедуры поверки средств измерений. Программа поддерживает интеграцию с различными типами оборудования, обеспечивает автоматическое считывание показаний, ведение документации в электронном виде. Таким образом, METLAB не только ускоряет процесс поверки, но и минимизирует влияние человеческого фактора, снижает вероятность ошибок и обеспечивает высокую достоверность результатов.

В статье приводится структура методики поверки и дается оценка временных затрат при выполнении каждого пункта в ручном и автоматизированном режимах. Особое внимание уделено таким особенностям осциллографа Rigol MSO8000, как наличие выбора входного сопротивления и необходимость проведения многоточечных измерений.

## Объект исследования и методика поверки

Выбранный для исследований цифровой осциллограф Rigol MSO8104 — современный прибор с четырьмя каналами и полосой пропускания до 1 ГГц. В качестве эталона использовался калибратор Fluke 9500B с активной головкой 9530. Поверка проводилась по методике, соответствующей номеру ГРСИ 82665-21, и включала пять основных пунктов, которые будут рассмотрены далее.

Следует отметить особенность приборов серии MSO8000 — возможность выбора входного сопротивления для каждого канала (50 Ом или 1 МОм). Это означает, что некоторые измерения требуется выполнять дважды, что делает процедуру поверки более длительной. Эталонное и поверяемое оборудование показано на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1. а — осциллограф Rigol MSO8104 (поверяемое средство измерения).  
б — калибратор Fluke 9500B с активной головкой 9530 (эталонное оборудование)





В ходе анализа проводилось сравнение ручной и автоматизированной поверки. При этом за рамками данной работы остались те этапы методики, которые не подлежат автоматизации в полном объеме (внешний осмотр, опробование, калибровка). Тем не менее встроить в автоматизированный сценарий можно и такие «ручные» операции.

METLAB имеет специальные функции, позволяющие фиксировать результаты визуального контроля и предварительной оценки работоспособности прибора. Например, при запуске соответствующего этапа появляется диалоговое окно с примерным текстом «Внешний вид средства измерения удовлетворителен?» (содержание вопроса можно скорректировать) и кнопками «Да»/«Нет». Ответ оператора автоматически заносится в протокол поверки.

Последовательная фиксация действий помогает не упускать даже формальные пункты методики, избавляя поверителя от необходимости делать отдельные записи вручную. Далее следуют непосредственно измерительные процедуры, предусмотренные сравнительным анализом.

Ниже приведены временные затраты на каждый из таких шагов (как в ручном режиме, так и при использовании METLAB):

**1. Проверка входных напряжений каналов при различных значениях коэффициентов отклонения.**

| Метод            | Время |
|------------------|-------|
| Вручную          | 3 мин |
| Автоматизировано | 1 мин |

**2. Проверка значений напряжений постоянного тока для различных коэффициентов отклонения.**

Трудоемкая операция: при входном сопротивлении 50 Ом проверяется 20 точек, при 1 МОм — 26 точек. Кроме того, требуется выполнить расчеты полученного коэффициента отклонения и расчет его относительной погрешности.

| Метод            | Время  |
|------------------|--------|
| Вручную          | 37 мин |
| Автоматизировано | 10 мин |

**3. Измерение смещения.**

Проверяется точность установки постоянного смещения на входе (22 точки).

| Метод            | Время  |
|------------------|--------|
| Вручную          | 20 мин |
| Автоматизировано | 5 мин  |

**4. Проверка полосы пропускания.**

Многоступенчатая процедура, требующая частой смены параметров на калибраторе и осциллографе.

| Метод            | Время  |
|------------------|--------|
| Вручную          | 27 мин |
| Автоматизировано | 8 мин  |

**5. Проверка встроенного генератора.**

Выполняется один раз, сравнивается частота с эталоном.

| Метод            | Время |
|------------------|-------|
| Вручную          | 3 мин |
| Автоматизировано | 1 мин |

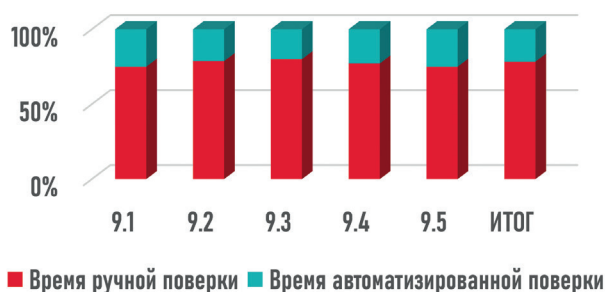
## Анализ продолжительности поверки

Сравнение общей продолжительности поверки представлено в таблице 1.

**Таблица 1.** Сравнение двух методов поверки

| Пункт методики поверки | Время ручной поверки, мин | Время автоматизированной поверки, мин |
|------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 9,1                    | 3                         | 1                                     |
| 9,2                    | 37                        | 10                                    |
| 9,3                    | 20                        | 5                                     |
| 9,4                    | 27                        | 8                                     |
| 9,5                    | 3                         | 1                                     |
| <b>Итог</b>            | <b>348</b>                | <b>96</b>                             |

Полученные данные демонстрируют, что автоматизация позволяет сократить время поверки в среднем 3,6 раза. Это особенно важно при массовой поверке, когда сэкономленное время складывается в часы и рабочие смены. При этом не менее важна минимизация влияния человеческого фактора: ручная работа характеризуется значительной вероятностью сбоя при вводе параметров на калибраторе или осциллографе, оператор может ошибиться в методике или просто нажать не на ту кнопку.

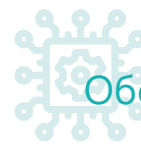


**Рис. 2.** Сравнение продолжительности ручной и автоматизированной процедур поверки

Как показывает практика, даже непрерывная поверка одного канала, выполненная вручную, в среднем занимает 90 мин и более. Время автоматизированной поверки укладывается в 25 мин на канал и полностью избавляет инженера от необходимости вчитываться в документацию, переключать масштабы, рассчитывать коэффициенты отклонения и вносить значения в протокол.

Кроме того, процесс поверки проходит в фоновом режиме: пока на экране результаты автоматически собираются в протокол, оператор освобождается для оформления документации и прочих процедур. Вмешательство требуется только на отдельных этапах — например, при переключении калибратора между каналами (если активных головок несколько, то такое переключение не требуется).





## Фрагменты кода автоматизированной процедуры

Рассмотрим практическую реализацию описанных процессов.

В специализированной среде METLAB-редактор для описания процедур используется узкопрофильный язык, разработанный специально для инженеров-метрологов. Впрочем, он прост в освоении и для тех, кто не знаком с написанием кодов: здесь важнее знание приборов, чем навыки программирования. Почти все команды доступны как на английском, так и на русском языке, что удобно при обучении и чтении чужих скриптов.

На рис. 3 показан фрагмент кода, в котором заданы параметры осциллографа по USB (оператор VISA) и установлены значения напряжения постоянного тока на калибраторе Fluke 9500B по интерфейсу GPIB (оператор IEEE). После измерения программа автоматически сравнивает полученные значения с допусками и выдает результат.

```
1 LABEL my_label5
2
3 RSLT Входной импеданс 50 Ом
4 RSLT
5 #####50 Ом#####
6 #####
7 VISA {канал}:PROBe 1
8 #связь по постоянному току
9 VISA :{канал}:COUPing DC
10 # Делает полосу пропускания 20 МГц
11 VISA {канал}:BWL 20M
12 # нарастающий фронт
13 VISA TRIGger:EDGE:SLOPe POS
14 #Коэффициент отклонения
15 VISA {канал}:SCALE 1E-3
16 #Смещение
17 VISA :{канал}:OFFSet 0
18 #Входное сопротивление
19 VISA {канал}:IMPedance FIFT
20 #Установка смещения
21 VISA :{канал}:OFFSet 0
22 #Включения калибратора и настройки значения постоянного напряжения
23 IEEE [9500]:FUNC DC
24 IEEE [9500]:ROUT:SIGN:IMP 50
25 IEEE [9500]:OUTP ON
26 #Автоустановка на осциллографе
27 VISA SYSTem:AUTOScale ON
28 VISA AUT
29 #Значение 3мВ на калибраторе
30 IEEE [9500]:VOLT 3E-3
31 VISA :{канал}:OFFSet 0
32 WAIT [D3000]
33 TARGET
34
35 #Измерение значения (среднее)
36 VISA MEASure:ITEM?([D2000]) VAVG
37 MATH Up = MEM*1000
38 MATH MEM = MEM*1000
39 RSLT Коэффициент отклонения 1 мВ/дел
40 RSLT
41 RSLT Поверяемая точка 3 мВ
42 #Вывод результатов
43 MEMC 3.0000mV 0.8U
44 #####
```

Рис. 3. Фрагмент процедуры проверки осциллографа MSO8000

На рис. 4 представлены последние строки из предыдущего примера с русскоязычными аналогами команд. Таким образом, незнание английского языка не оказывает существенного влияния. Но заметим, что обозначение операторов IEEE и VISA не переводятся на русский, поскольку это стандартны для протоколов общения с измерительным оборудованием. Кроме того, сами команды, посылаемые на устройство, не зависят от METLAB и определяются разработчиками ПО. В большинстве современных приборов используется стандарт SCPI.

```
35 #Измерение значения (среднее)
36 VISA MEASure:ITEM?([D2000]) VAVG
37 MATH Up = MEM*1000
38 MATH MEM = MEM*1000
39 #Вывод Коэффициент отклонения 1 мВ/дел
40 #Вывод
41 #Вывод Поверяемая точка 3 мВ
42 #Вывод результатов
43 #TOT 3.0000mV 0.8U
44 #####
```

Рис. 4. Фрагмент процедуры проверки осциллографа MSO8000 с русскоязычными операторами

Программа METLAB позволяет своевременно выводить необходимые инструкции в виде текста или иллюстраций с подписью. Например, в рассматриваемой процедуре необходимо переключать головку калибратора между каналами, о чем в нужный момент сообщается пользователю (если имеется несколько головок, можно не прерывать процедуру для вмешательства поверителя). На рис. 5 представлен фрагмент кода, в котором команда DISP вызывает диалоговое окно с инструкцией (русскоязычный вариант этой команды — ПОКАЗ).

```
53 #####
54 MATH канал = "CHANnel2"
55 VISA CHANnel1:DISP OFF
56 VISA CHANnel2:DISP ON
57 VISA CHANnel3:DISP OFF
58 VISA CHANnel4:DISP OFF
59 MATH depth = 1000
60
61 DISP Подключите 2-й канал осциллографа к калибратору головкой 9530B
62
63 VISA SYSTem:AUTOScale ON
64 VISA AUT
65
66
```

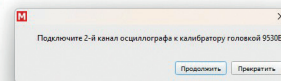


Рис. 5. Пример вывода инструкции с помощью команды DISP

Важно отметить, что в разработке METLAB активное участие принимали метрологи, регулярно проводящие поверки реальных приборов. Благодаря этому в программе появилось множество неочевидных, но очень полезных функций, которые делают работу более удобной и гибкой. Одна из них — команда SFASK (в русскоязычном варианте — СТОП\_НЕУД\_ВОПР), приостанавливающая процедуру, если результат измерения выходит за установленные допуски.

В этом случае программа не просто сообщает об ошибке, а предлагает пользователю выбрать дальнейший сценарий. Появляется диалоговое окно с четырьмя понятными вариантами:

- ✎ **Исправить** — удалить последнее измерение и провести его заново.
- ✎ **Повторить** — оставить текущее значение и добавить новое измерение.
- ✎ **Продолжить** — принять значение вне допуска и идти дальше.
- ✎ **Прекратить** — завершить процедуру поверки на текущем этапе.

Такой подход позволяет поверителю оперативно реагировать на различные рабочие ситуации. Например, если между поверяемым средством измерения и эталоном пропал контакт, это легко заметить и устранить, а затем выбрать вариант «Исправить», не перезапуская всю процедуру. Если есть сомнения в стабильности показаний, можно несколько раз нажать «Повторить» — все результаты будут сохранены в протоколе. На рис. 6 показано включение описанного режима и диалоговое окно с выбором сценария при выходе измеряемой величины из допуска.

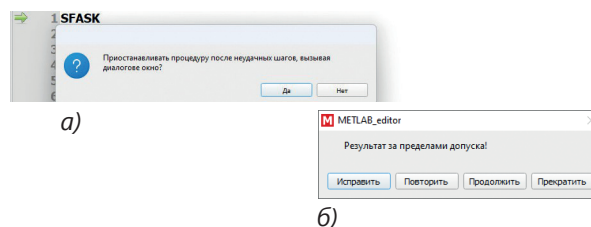


Рис. 6. а) Включение режима вызова диалогового окна при выходе измеряемой величины из допуска; б) диалоговое окно с выбором сценария при выходе измеряемой величины за пределы допуска

Один из удобных инструментов, которые предлагает METLAB, — отслеживание результатов поверки в режиме реального времени. Для этого в программе предусмотрено специальное окно, где в любой момент поверитель может открыть текущий протокол и увидеть промежуточные или финальные значения — без необходимости прерывать процедуру. Пример представлен на рис. 7.

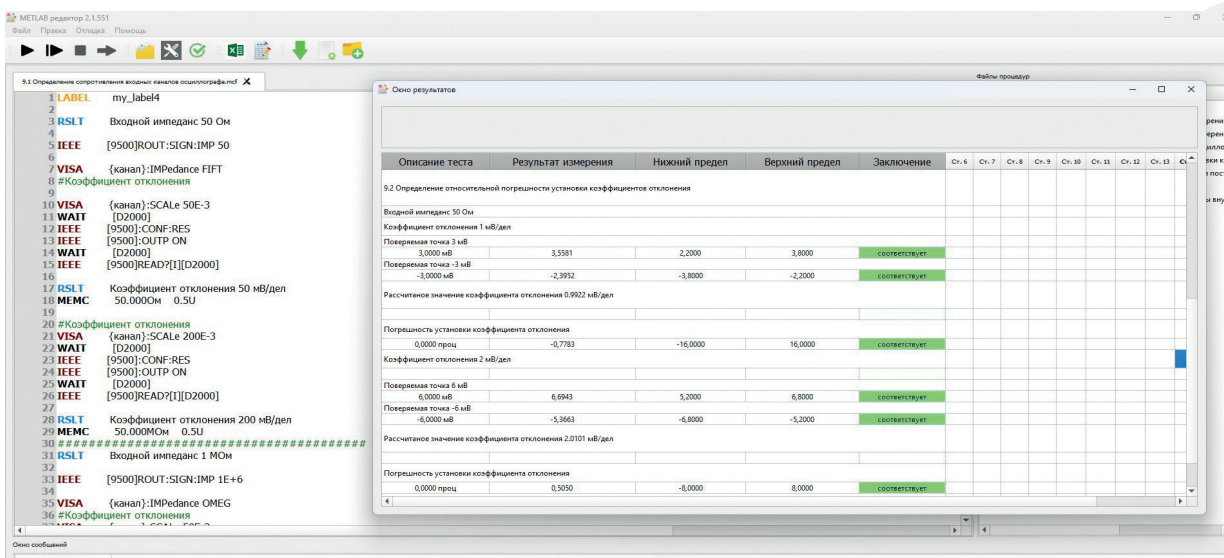


Рис. 7. Интерактивный протокол поверки





После завершения поверки протокол легко экспортируется в формат Excel или CSV, что удобно как для хранения, так и для последующей обработки. Если же поверка изначально была инициирована через наряд, заранее созданный в базе данных METLAB, то сформированный протокол сохраняется автоматически. В этом случае он дополняется всей необходимой информацией: данными о поверяемом приборе, эталонах, внешних условиях и других параметрах, предусмотренных шаблоном. Сам шаблон протокола выполнен в понятном и логичном формате — при необходимости его можно адаптировать под нужды конкретной лаборатории: изменить структуру, добавить поля или скорректировать формулировки. Фрагмент окончательного протокола поверки, рассмотренной в данной статье, приведен в таблице 2.

**Таблица 2. Фрагмент автоматически созданного протокола поверки осциллографа Rigol MSO8104**

| 9.1 Определение сопротивления входных каналов осциллографа |        |        |        |               |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| Входной импеданс 50 Ом                                     |        |        |        |               |
| Коэффициент отклонения 50 мВ/дел                           |        |        |        |               |
| 50,000 Ом                                                  | 50,175 | 49,500 | 50,500 | соответствует |
| Коэффициент отклонения 200 мВ/дел                          |        |        |        |               |
| 50,000 МОм                                                 | 50,171 | 49,500 | 50,500 | соответствует |
| Входной импеданс 1 МОм                                     |        |        |        |               |
| Коэффициент отклонения 50 мВ/дел                           |        |        |        |               |
| 1,0000 МОм                                                 | 0,9987 | 0,9900 | 1,0100 | соответствует |
| Коэффициент отклонения 200 мВ/дел                          |        |        |        |               |
| 1,0000 МОм                                                 | 0,9989 | 0,9900 | 1,0100 | соответствует |

Полный протокол поверки занимает 1203 строки (без учета пустых строк). Даже этот пример хорошо показывает, насколько упрощается задача, если протокол заполняется не вручную, а автоматически.

## Заключение

Результаты проведенного сравнительного анализа подтверждают высокую эффективность применения автоматизированной системы поверки на базе программного обеспечения METLAB. По сравнению с традиционной ручной методикой, автоматизация позволила сократить общее время поверки одного канала с 90 до 25 мин, уменьшить количество ручных операций и свести к минимуму вероятность ошибок, тем самым повышая надежность измерений. Программа обеспечивает воспроизводимость процедур, автоматическое выполнение расчетов погрешностей, возможность совмещения поверки с другой рабочей дея-

| 9.2 Определение относительной погрешности установки коэффициентов отклонения и измерения напряжения постоянного тока |         |          |         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|---------|---------------|
| Входной импеданс 50 Ом                                                                                               |         |          |         |               |
| Коэффициент отклонения 1 мВ/дел                                                                                      |         |          |         |               |
| Поверяемая точка 3 мВ                                                                                                |         |          |         |               |
| 3,0000 мВ                                                                                                            | 3,5581  | 2,2000   | 3,8000  | соответствует |
| Поверяемая точка -3 мВ                                                                                               |         |          |         |               |
| -3,0000 мВ                                                                                                           | -2,3952 | -3,8000  | -2,2000 | соответствует |
| Рассчитанное значение коэффициента отклонения 0,9922 мВ/дел                                                          |         |          |         |               |
| Погрешность установки коэффициента отклонения 0,0000 проц                                                            |         |          |         |               |
| 0,0000 проц                                                                                                          | -0,7783 | -16,0000 | 16,0000 | соответствует |
| Коэффициент отклонения 2 мВ/дел                                                                                      |         |          |         |               |
| Поверяемая точка 6 мВ                                                                                                |         |          |         |               |
| 6,0000 мВ                                                                                                            | 6,6943  | 5,2000   | 6,8000  | соответствует |
| Поверяемая точка -6 мВ                                                                                               |         |          |         |               |
| -6,0000 мВ                                                                                                           | -5,3663 | -6,8000  | -5,2000 | соответствует |
| Рассчитанное значение коэффициента отклонения 2,0101 мВ/дел                                                          |         |          |         |               |
| Погрешность установки коэффициента отклонения 0,0000 проц                                                            |         |          |         |               |
| 0,0000 проц                                                                                                          | 0,5050  | -8,0000  | 8,0000  | соответствует |

тельностью оператора и формирование отчетной документации. Это делает METLAB особенно актуальным решением в условиях современных требований к метрологическим лабораториям — с точки зрения как производительности, так и информационной безопасности. Внедрение подобных систем позволяет существенно оптимизировать работу поверителей, повысить точность результатов и снизить затраты при массовой поверке приборов.

### Справка:

ГРСИ — Государственный реестр средств измерений <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry>  
СИ — Средство измерения. 



Научно-практический семинар по организации  
производства электроники

# профессиональная организация

Группа компаний «Диполь» продолжает цикл семинаров, посвященных организации производства электроники в современных условиях. Новая встреча состоялась сентябре в Санкт-Петербурге.





## Первый международный научно-практический семинар «Современные возможности в производстве электроники: технологии, оборудование, материалы» состоялся в 2023 году.

Его успех подтвердил востребованность мероприятий такого формата, и в последующее время семинары стали проводиться регулярно. География этой серии обширна: Минск, Санкт-Петербург, Томск, Новосибирск, Казань, Екатеринбург, Москва, Чебоксары.

При этом тематика и содержание семинаров постоянно актуализируется с учетом отраслевых запросов. В этом смогли убедиться гости очередной встречи, прошедшей в Петербурге в сентябре текущего года.



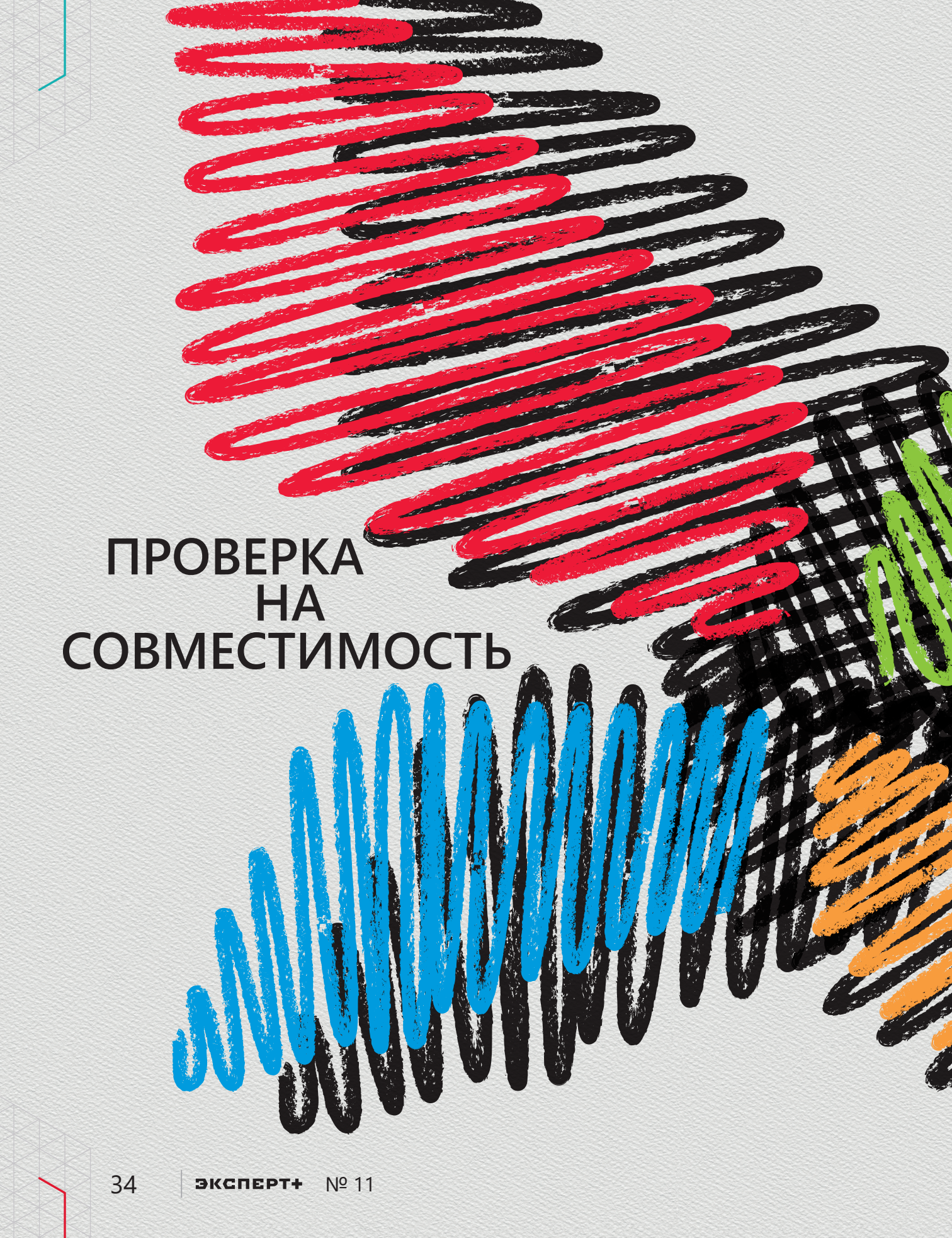
Основу семинара по организации производства электроники традиционно составляют следующие темы:

- современные технологические материалы;
- паяльное оборудование;
- установки рентген-контроля СРК-1000 и отмывки печатных плат CM 16PRO;
- мебель Viking;
- антистатическое оснащение;
- оптимизация производственных процессов (лазерный реболлинг);
- инструменты повышения эффективности и снижения дефектов;
- система управления производством К.У.П.О.Л;
- особенности автоматизации мелкосерийных производств;
- борьба с контрафактом;
- современные мировые тенденции в производстве печатных плат;
- обзор оборудования SMT, доступного в условиях санкционного давления.

В программу сентябрьской встречи были включены и новые темы: «Технологический аудит: оценка состояния производства» и «Аддитивные технологии в электронике: от прототипирования до серийного производства».







# ПРОВЕРКА НА СОВМЕСТИМОСТЬ





**Олег Муравьев,**  
начальник лаборатории ЭМС  
научно-производственного  
республиканского унитарного  
предприятия «Белорусский  
государственный институт  
стандартизации и сертификации»  
[olegmur@yandex.ru](mailto:olegmur@yandex.ru)

Исследование характеристик контрольно-измерительного оборудования для испытаний на устойчивость к электромагнитному излучению с применением LOW CODE-среды ЭМИКА



Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) не теряет актуальности ввиду активного развития электронной промышленности в мире. Ежедневно в производство запускаются новые электронные устройства, которые имеют риск взаимного негативного влияния. И эту сложнейшую задачу необходимо решать при проектировании электронного оборудования гражданского и двойного назначения.

Одной из наиболее чувствительных к данной проблематике отраслей является автомобилестроение. Применение значительного количества сложных бортовых систем на транспортном средстве (ТС) требует многочисленных исследований для оценки их функционирования в различных режимах и условиях эксплуатации с последующей стандартизацией требований к данному виду продукции и созданием площадок для проведения испытаний и исследований.

Кроме того, бесшовное и стремительное внедрение новых технологий формирует среду, предполагающую непрерывный пересмотр действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА) и разработку инструментов, направленных на упрощение и ускорение процессов адаптации испытательной базы к вновь вводимым требованиям в совокупности со снижением затрат.

Данная работа посвящена исследованию характеристик контрольно-измерительного оборудования и созданию автоматизированного комплекса для проведения испытаний на устойчивость к электромагнитному излучению в соответствии с требованиями проекта предложений по поправкам серии 07 к Правилам ООН № 10.

Среди поставленных задач — анализ требований и методов проведения испытаний ТС, зарядной инфраструктуры и электронных компонентов, представленных в проекте [1], а также рассмотрение применения LOW CODE-среды ЭМИКА при разработке программного обеспечения для исследований характеристик контрольно-измерительного оборудования при создании автоматизированного комплекса для проведения испытаний на устойчивость к электромагнитному излучению согласно [1].



## Нормативная база

В настоящее время на территории Евразийского экономического союза действует ряд технических регламентов, которые устанавливают требования электромагнитной совместимости к колесным ТС и сельскохозяйственной технике. В частности, это регламенты Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [2] и «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012) [3]. В свою очередь [2] распространяется на колесные ТС категорий L, M, N и O, а также на шасси и компоненты ТС, оказывающие влияние на безопасность ТС. Основным ТНПА, включенным в перечень стандартов к [2] и устанавливающим требования в отношении ЭМС, является [4]. При этом актуальная версия настоящего документа имеет обозначение Правила ООН № 10(06) [5] и содержит значительный объем требований и методов испытаний ТС с электрическим приводом. Кроме того, рабочая группа по вопросам светового оборудования и световой сигнализации (WP.29/GRE), а также неофициальная рабочая группа по электромагнитной совместимости Европейской экономической комиссии ООН активно работают над обновленным проектом предложения по поправкам серии 07 к Правилам ООН № 10. Текущая редакция [1] была представлена 24 апреля 2024 г. и имеет обозначение ECE/TRANS/WP.29/GRE/2023/27/Rev.1.

Рассмотрим основные различия методов испытаний, приведенных в [4 и 5], для последующей реализации мероприятий по исследованиям и адаптации существующей испытательной базы к новым требованиям.

### 1.

Проект предложений по поправкам серии 07 к Правилам ООН № 10 содержит описание новых функций, связанных с безопасностью, в частности, к ним относятся качество функционирования активного рулевого управления, устройств ограничения скорости, системы непрямого обзора, системы «слепых зон», системы экстренного вызова, отображение информации с предупреждающих указателей, ламп или дисплеев, относящихся к связанным с безопасностью функциям, которые находятся в зоне прямой видимости водителя, неправильное срабатывание противоугонной сигнализации, звукового сигнала, нарушение функционирования шины данных ТС, тахографа и одометра. Данный список не является исчерпывающим и может быть дополнен при разработке программы испытаний.

### 2.

Введены определения в отношении систем автоматического вождения (ADS) и добавлено примечание, разъясняющее ответственность водителя, а также различие между ADS и системой помощи при вождении.

### 3.

Закономерным является решение об исключении пункта 6.3.2.4, поскольку измерения только в диапазоне частотной модуляции (ЧМ) 76–108 МГц недостаточны для определения узкополосного излучения во всем диапазоне частот 30–1000 МГц.

## 4.

Важнейшим нововведением, требующим адаптации оборудования лаборатории, является расширение частотного диапазона испытаний на устойчивость к электромагнитному излучению (ТС и электрические/электронные узлы (ЭСУ)) до 6 ГГц. Данные требования направлены на обеспечение надежности в отношении самых современных мобильных служб (например, стандарта LTE, 5G, Wi-Fi). Как и для более низких частот, испытательный уровень был определен на основе требований IEC 61000-6-2 с применением трехкратного запаса и составляет 10 В/м. При этом в соответствии с решением органа ISO TC22/SC32/WG3 были обновлены применяемые импульсные модуляции (ИМ). Предлагается использовать следующие виды модуляций:

- а) амплитудная модуляция (АМ), частота 1 кГц, глубина 80% в диапазоне частот 20–800 МГц;
- б) импульсная модуляция (ИМ), 577 мкс, период 4600 мкс в диапазоне частот 800–2000 МГц;
- в) ИМ2, 3 мкс, период 3333 мкс в диапазоне частот 2700–3100 МГц;
- г) ИМ3 500 мкс, период 1000 мкс в диапазонах частот 800–2700 МГц и 3100–6000 МГц.

## 5.

Исключен метод испытаний ЭСУ в полосковой линии 800 мм.

## 6.

В проекте предусмотрена возможность испытаний ЭСУ в реверберационной камере согласно [7]. Данный метод является современным методом испытаний на устойчивость и позволяет сократить продолжительность тестирования при расширении частотного диапазона до 6 ГГц. Испытательные уровни для различных методов испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Частотный диапазон | Минимальный испытательный уровень для диапазона частот 20–6000 МГц |                |                                                                 |        |                                             |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------|
|                    | Полосковая линия, метод согласно [8]                               | Т-камера       | Инжекция объемных токов<br>Полосковая линия, метод согласно [9] | БЭК    | Реверберационная камера, метод согласно [7] |
| 20–2000 МГц        | 50 В/м                                                             | 62,5 В/м       | 50 мА                                                           | 25 В/м | 18 В/м                                      |
| 2–6 ГГц            | Не применяется                                                     | Не применяется | Не применяется                                                  | 8 В/м  | 6 В/м                                       |



## 7.

Предлагаемые нововведения в отношении испытаний на устойчивость к излучению требуют значительных изменений не только в автомобильной электронике, но и в испытательных лабораториях. Для поддержания датчиков ADS в рабочем состоянии может потребоваться специальное программное обеспечение. Производители ТС запросили пятилетний переходный период для внесения необходимых изменений.

## 8.

В проекте [1] определение «длинное транспортное средство» было заменено на «большое транспортное средство», поскольку высота и ширина испытуемых ТС также обуславливают необходимость использования альтернативных методов испытаний. В отношении реализации испытаний в расширенном диапазоне частот представлена блок-схема (рис. 1) и приведены альтернативные методы испытаний для каждого из поддиапазонов. Кроме того, предусмотрена возможность замены испытаний ТС испытаниями отдельных ЭСУ. Для обеспечения надлежащего качества испытания ЭСУ протокол испытаний должен быть подготовлен лабораторией, аккредитованной по стандарту ISO 17025 и признанной органом по утверждению типа, ответственным за проведение испытаний, и предоставлен вместе с информационным документом.

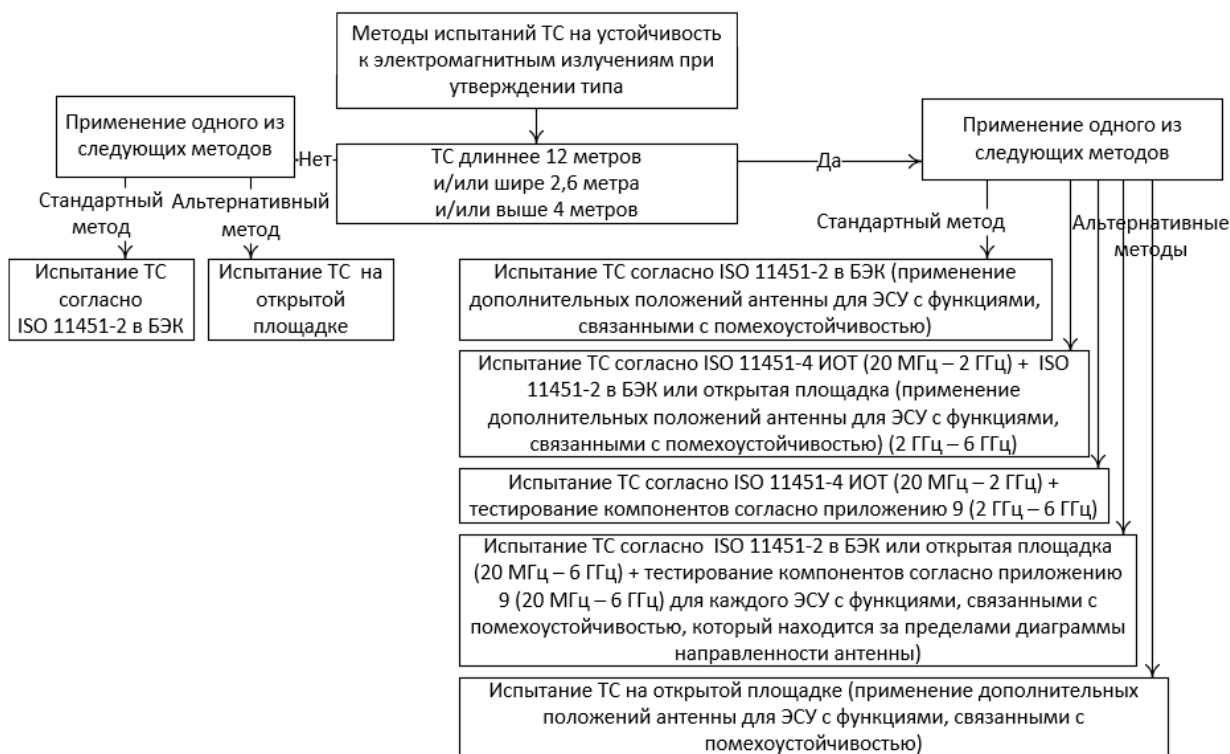


Рис. 1. Блок-схема выбора метода испытаний ТС

Пример выбора места размещения антенн представлен на рис. 2.

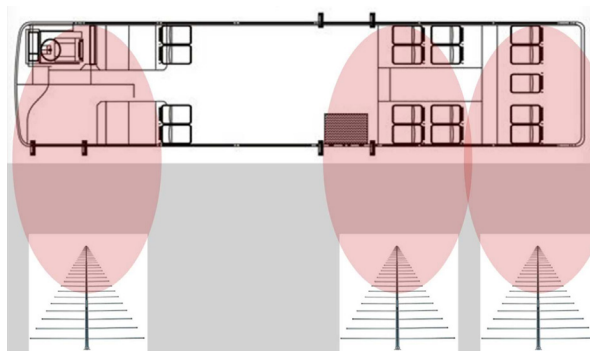
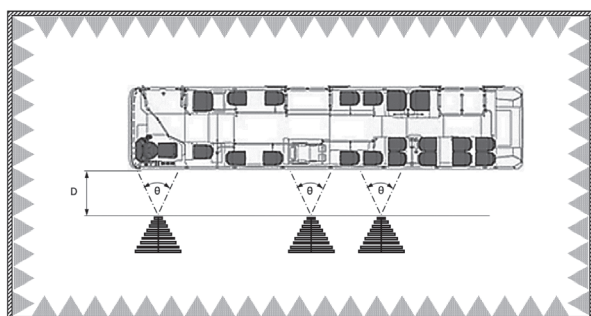


Рис. 2. Размещение антенны для бокового облучения большого ТС

$\theta$ : диаграмма направленности антенны по уровню 3 дБ

$D$ : расстояние между кончиком или фазовым центром антенны и ближайшей частью кузова автомобиля без учета мелких выступающих элементов

## 9.

Важное замечание сделано в отношении снижения зарядного тока по меньшей мере до 20% в режиме зарядки постоянным током. Результаты многократных измерений подтвердили, что основной вклад в электромагнитное излучение вносит связь между зарядной станцией и ТС, а не постоянный ток. Вышеприведенные положения внесены в [1], при этом перечень поправок не является исчерпывающим.

Проведем исследования характеристик испытательного оборудования с целью оценки возможности реализации требований [1] с применением существующей испытательной базы лаборатории. Управление оборудованием и процессом испытаний, а также регистрация и обработка данных будет осуществляться с помощью LOW CODE-среды ЭМИКА.

## Применяемое оборудование:

- Антенна Schwarzbeck VHBD 9134.
- Антенна STLP 9129 special.
- Антенна МНИПИ П6-23М.
- Антенна Teseq HLA 6121.
- Генератор сигналов Agilent N5181A.
- Датчик электромагнитного поля (ДЭП) ETS-Lindgren HI-6105.
- Камера полубеззхловая Frankonia.
- Комплект направленные ответвители.
- Усилитель Frankonia VLL1000L.
- Усилитель Dipaul SSPA80M1G — 800.
- Усилитель Dipaul SSPA1G6G — 100L.
- ПЭВМ с преобразователями USB — IEEE 488.2 (GPIB), Opto/LAN и ПО ЭМИКА.
- Измеритель мощности Keysight N1912A.
- Контроллер поворотного стола и антенной мачты.
- Измерительный приемник TDEMI 26G.



## Принцип работы измерительной системы

Обобщенная структурная схема комплекса для проведения испытаний на устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям приведена на рис. 3 и 4. Управление системой и автоматизация процессов измерений выполняется средствами ПЭВМ и соответствующим программным

обеспечением (ПО), которое было разработано в LOW CODE-среде ЭМИКА. Источником сигнала является высокочастотный генератор, позволяющий формировать сигналы требуемой амплитуды и частоты, а также модулировать измерительный сигнал по заданному закону.

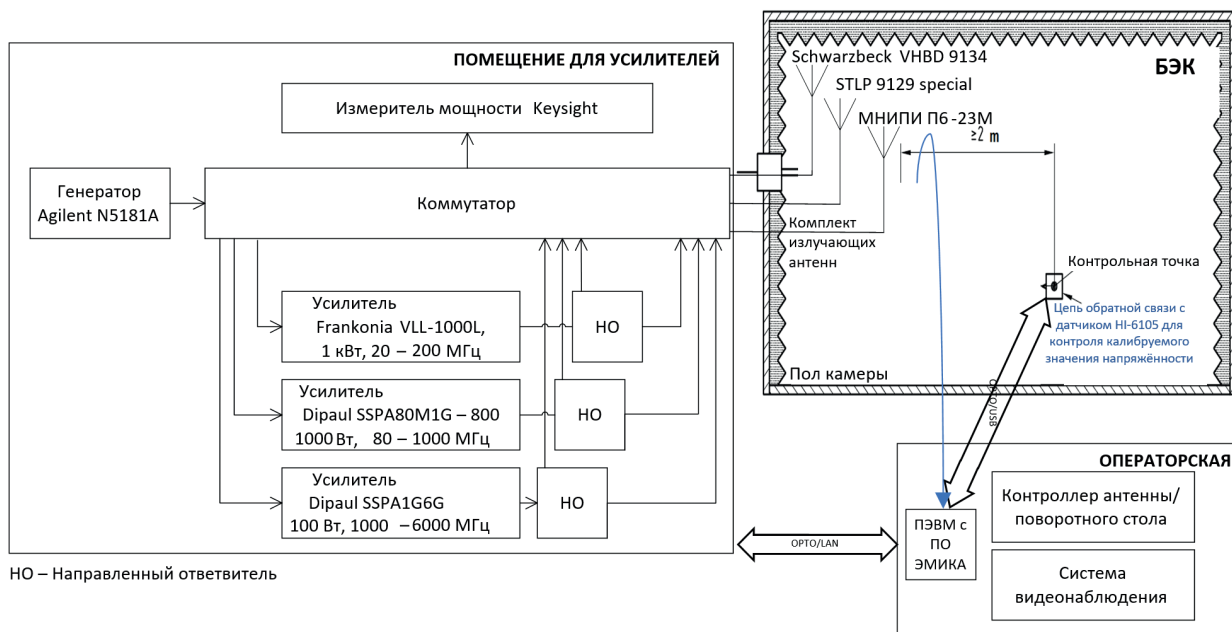


Рис. 3. Структурная схема измерительной системы в режиме калибровки

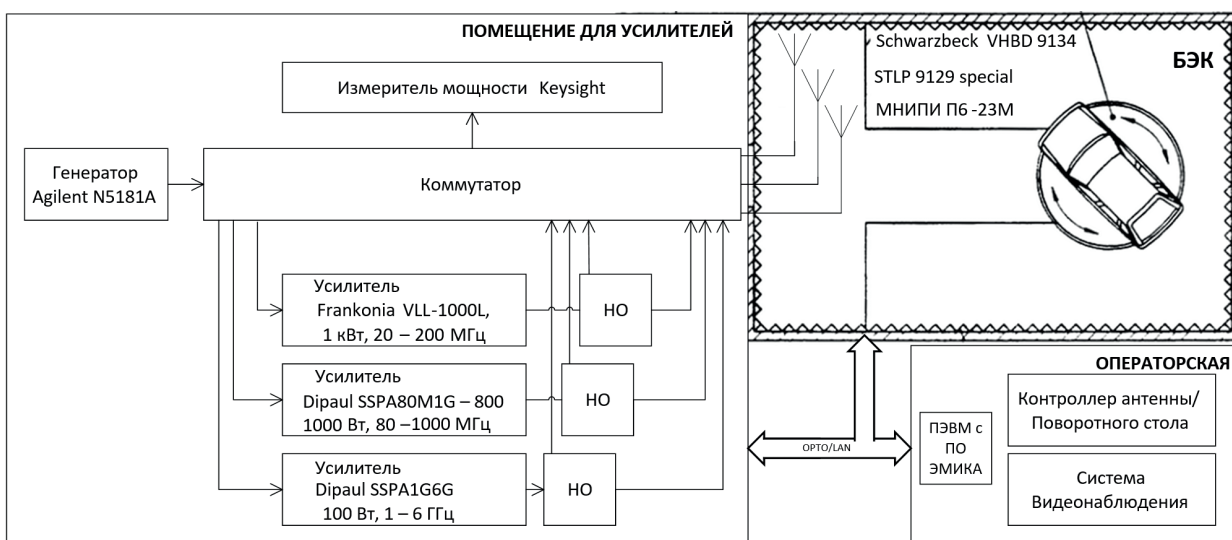


Рис. 4. Структурная схема измерительной системы в режиме испытаний на помехоустойчивость

Формирование электромагнитных полей с напряженностью до 30 В/м обеспечивается группой усилителей мощности. Уровень сигнала, подаваемого на передающую антенну, контролируется измерителем мощности, подключенным к вторичному каналу направленного ответвителя. Цепь обратной связи сформирована средствами датчика электромагнитного поля (ДЭП) ETS-Lindgren

HI-6105 совместно с преобразователем оптического интерфейса HI6113, который обеспечивает измерение напряженности поля при калибровке. Процесс калибровки и обработки результатов измерений сложен с алгоритмической точки зрения и должен соответствовать требованиям [1, 6 и 10]; упрощенный алгоритм калибровки представлен на рис. 5.

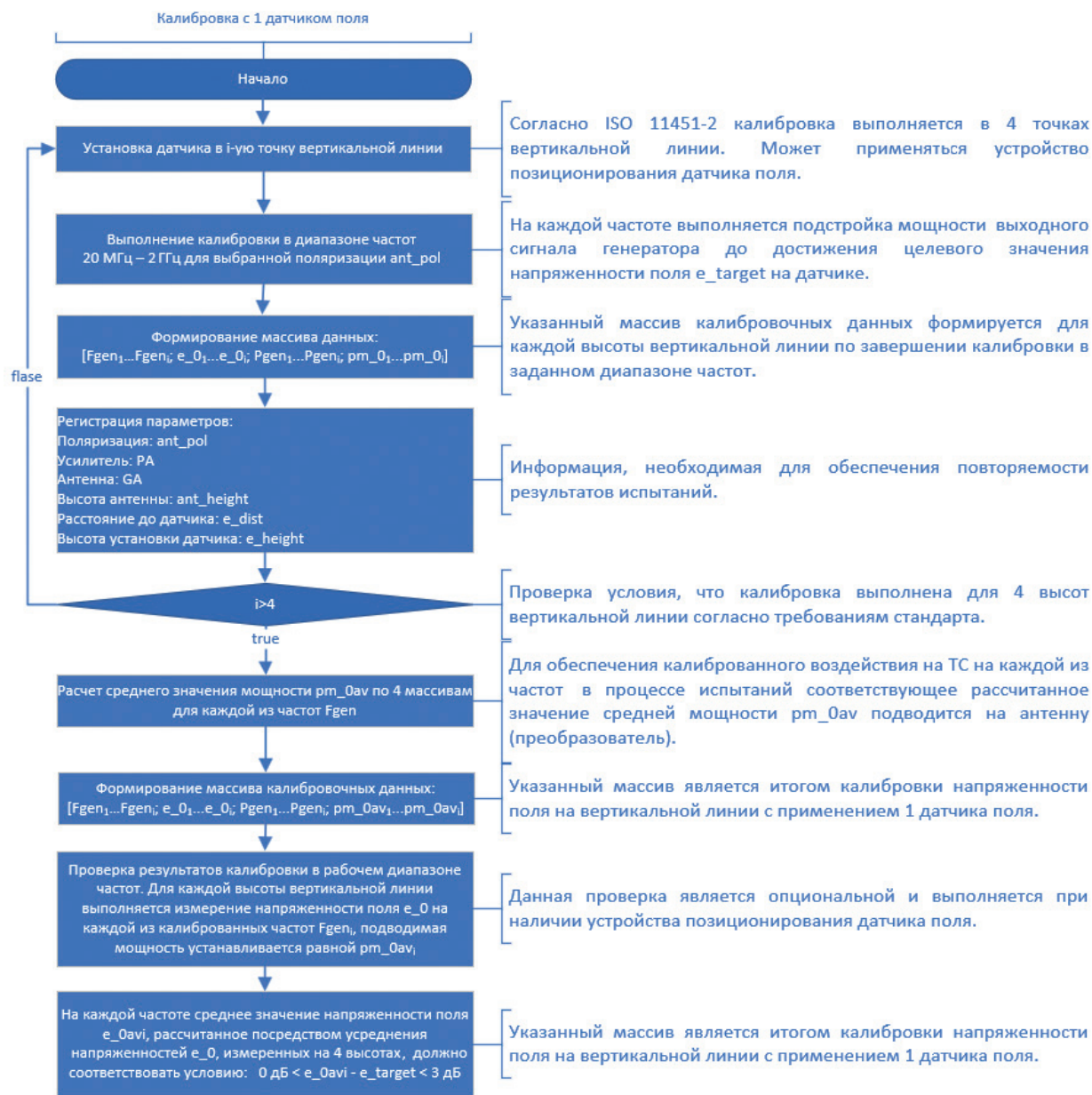


Рис. 5. Упрощенный алгоритм калибровки напряженности поля



Калибровка, измерения и обработка результатов выполняются с помощью ПО, разработанного в LOW CODE-среде ЭМИКА. При выборе среды разработки были учтены следующие факторы: наличие возможности быстрой реализации измерительных алгоритмов, связанных со схемами измерений, в виде исполняемого программного кода, а также панелями управления (дашбордами) и пользовательскими формами; наличие расширенного набора математических функций и представлений данных (графики, таблицы, индикаторы), встроенные возможности работы с графиками нормированных значений (лимитами), коэффи-

циентами калибровки, импорта/экспорта данных и формирования отчетов об измерениях. Среда разработки должна включать стандартные функции управления средствами измерений, обеспечивать взаимозаменяемость однотипного оборудования в схеме измерений, а также масштабирование созданных решений. Существенным преимуществом является наличие локализации и поддержки от разработчика. Процесс разработки испытательного ПО в ЭМИКА начинается с создания устройств, которые будут применяться в процессе проведения исследований и состоит из ввода основных настроек, методов и команд для устройства (интерфейс представлен на рис. 6).

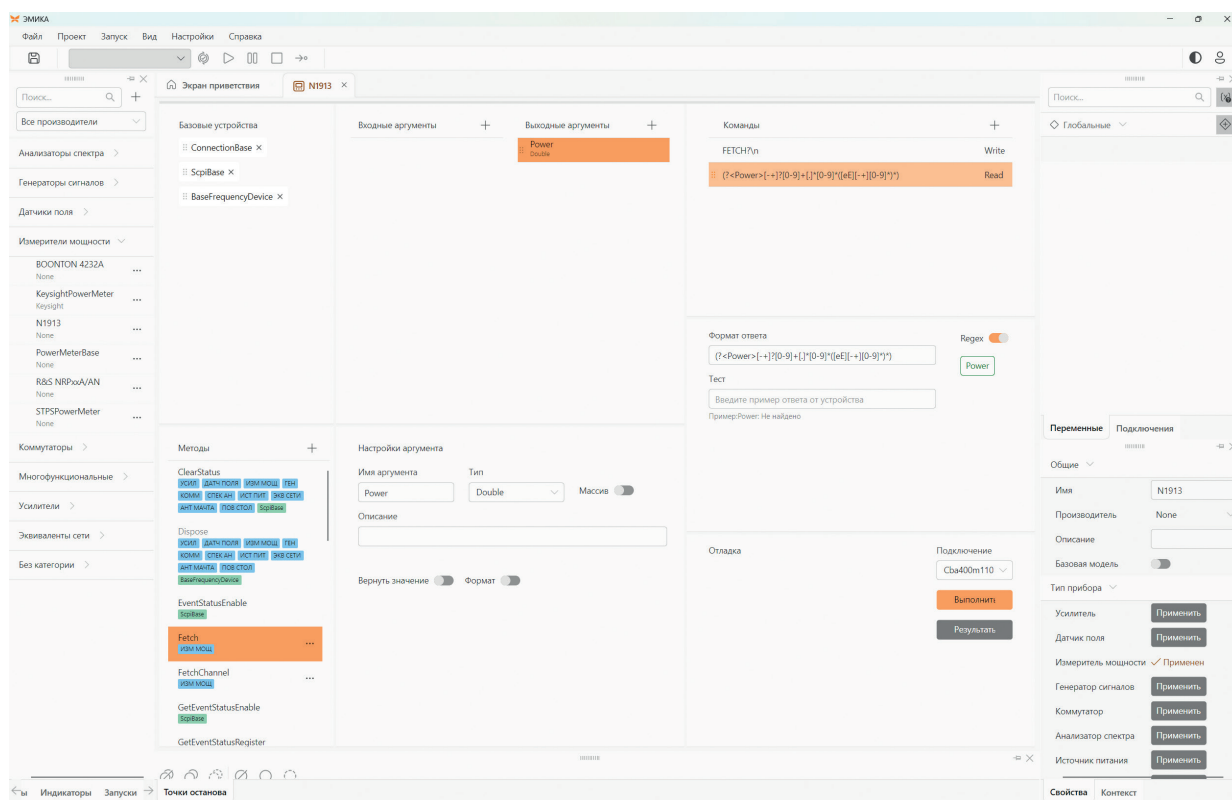


Рис. 6. Создание нового устройства

После создания всех необходимых устройств была разработана схема проведения измерений (рис. 7), предусматривающая возможность ввода коэффициентов калибровки для каждого из элементов схемы, а также ограничения рабочих диапазонов. Немаловажно, что оборудование в рамках одного типа является взаимозаменяемым.

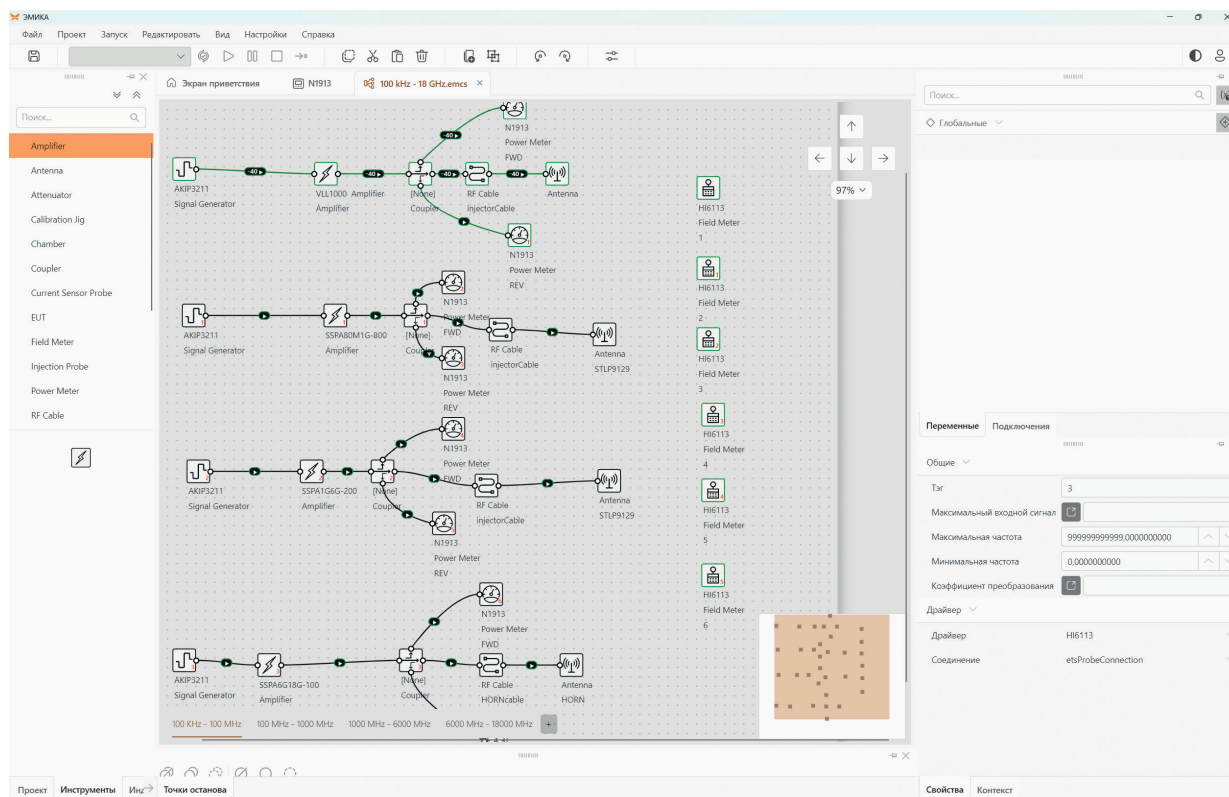


Рис. 7. Пример схемы измерений в ЭМИКА



После завершения предварительных настроек был разработан исполняемый программный алгоритм, представленный на рис. 8. Важное отличие ЭМИКА от существующих графических сред разработки — возможность работы с переменными, а также методами языка NET, что существенно расширяет потенциальные области применения инструмента. Исполняемый алгоритм строится из блоков и определяет только последовательность проведения операций. Операции с переменными данными реализуются в самих блоках. В этом заключается отличие от систем, в которых межблочные связи также выполняют функцию линий передачи данных. Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки.

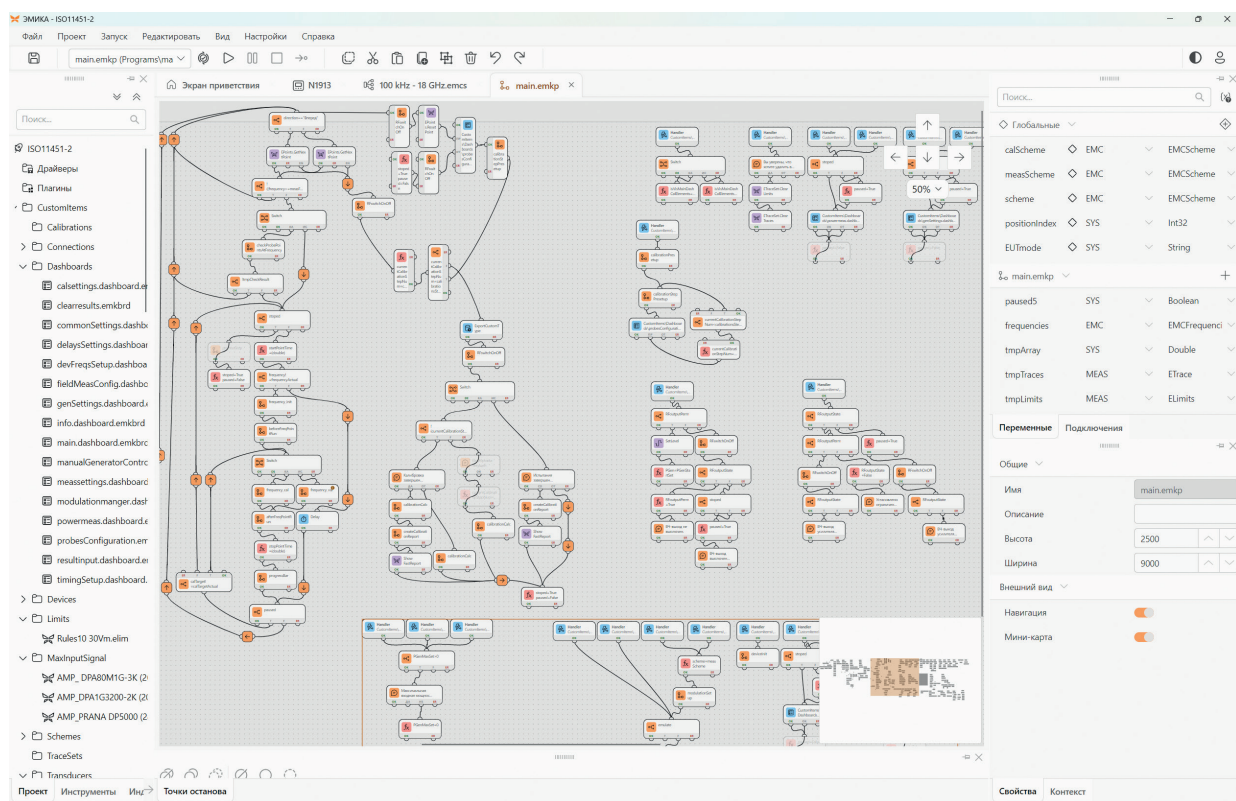


Рис. 8. Построение алгоритма проведения измерений в ЭМИКА

ЭМИКА является программным обеспечением с модульной структурой. Реализованный модуль для проведения измерений в области электромагнитной совместимости значительно упрощает и ускоряет процесс создания автоматизированных рабочих мест (АРМ). Модуль содержит функции, которые наиболее часто применяются при исследованиях в области ЭМС, а именно меню управления лимитами (рис. 10), актуальное как при проведении испытаний на помехоэмиссию, так и на помехоустойчивость; меню управления

частотными развертками (рис. 9) с возможностью определения начальной и конечной частот, шага развертки, фиксированных частотных точек, которые следует пропустить либо, наоборот, включить в план испытаний. Для управления процессом калибровки и испытаний был разработан набор дашбордов, представленный на рис. 12. С помощью этих дашбордов пользователь может указать все параметры, которые определяют дальнейший процесс калибровки/испытаний на устойчивость к электромагнитному излучению.

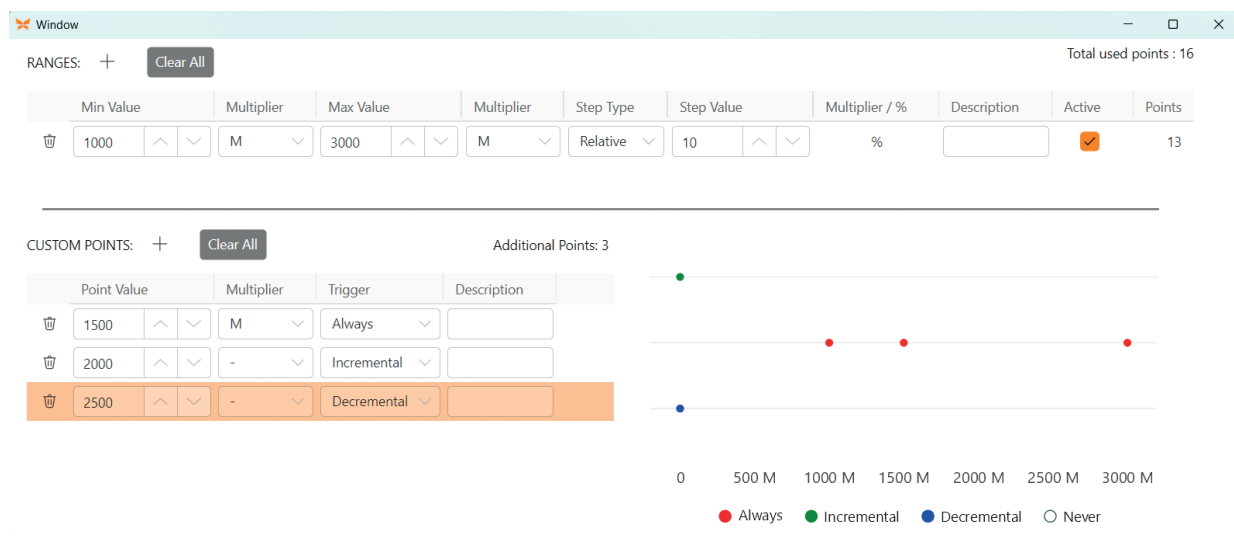


Рис. 9. Меню управления частотной разверткой

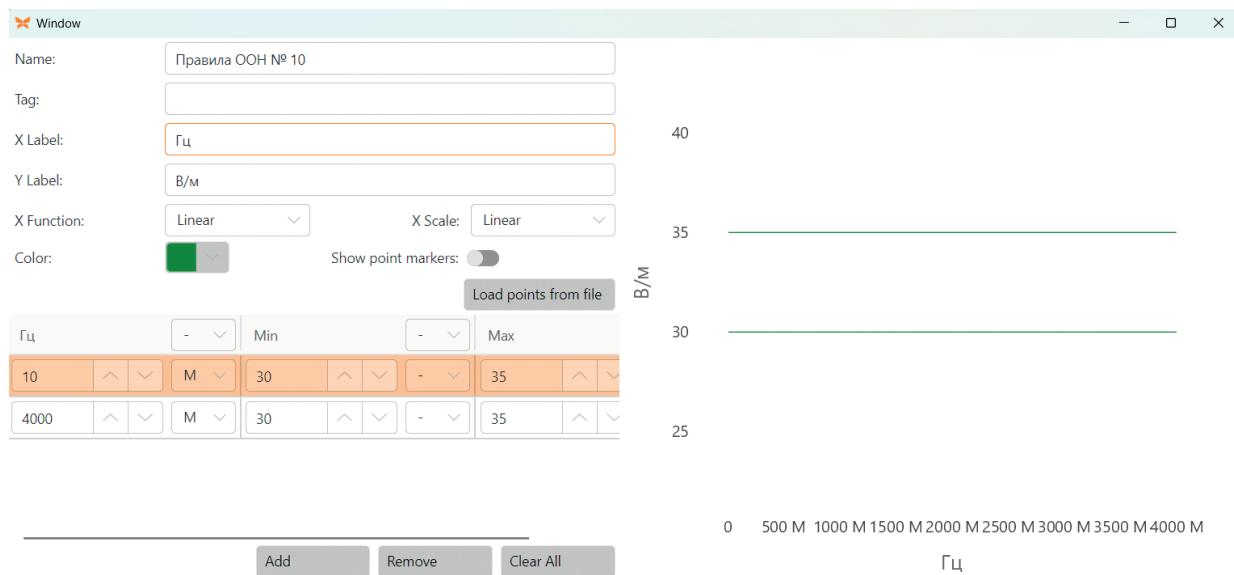


Рис. 10. Меню редактирования лимитов



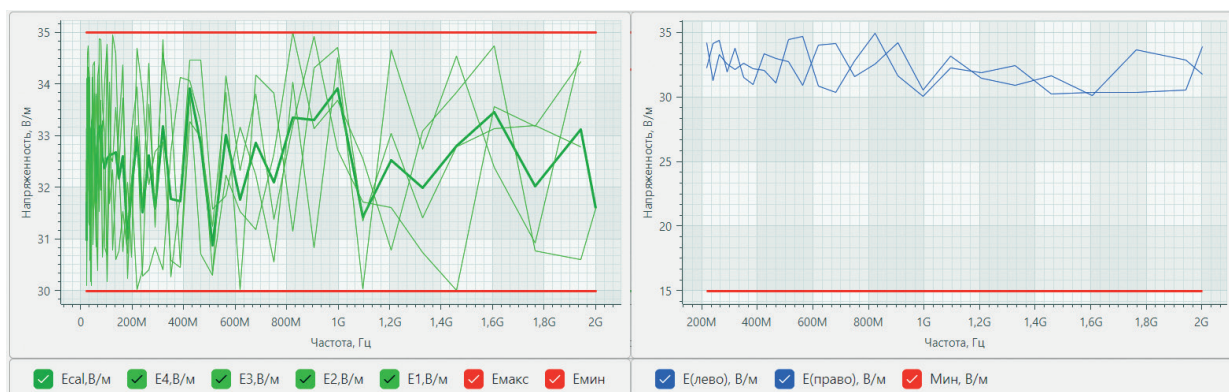


Рис. 11. Пример графического отображения данных

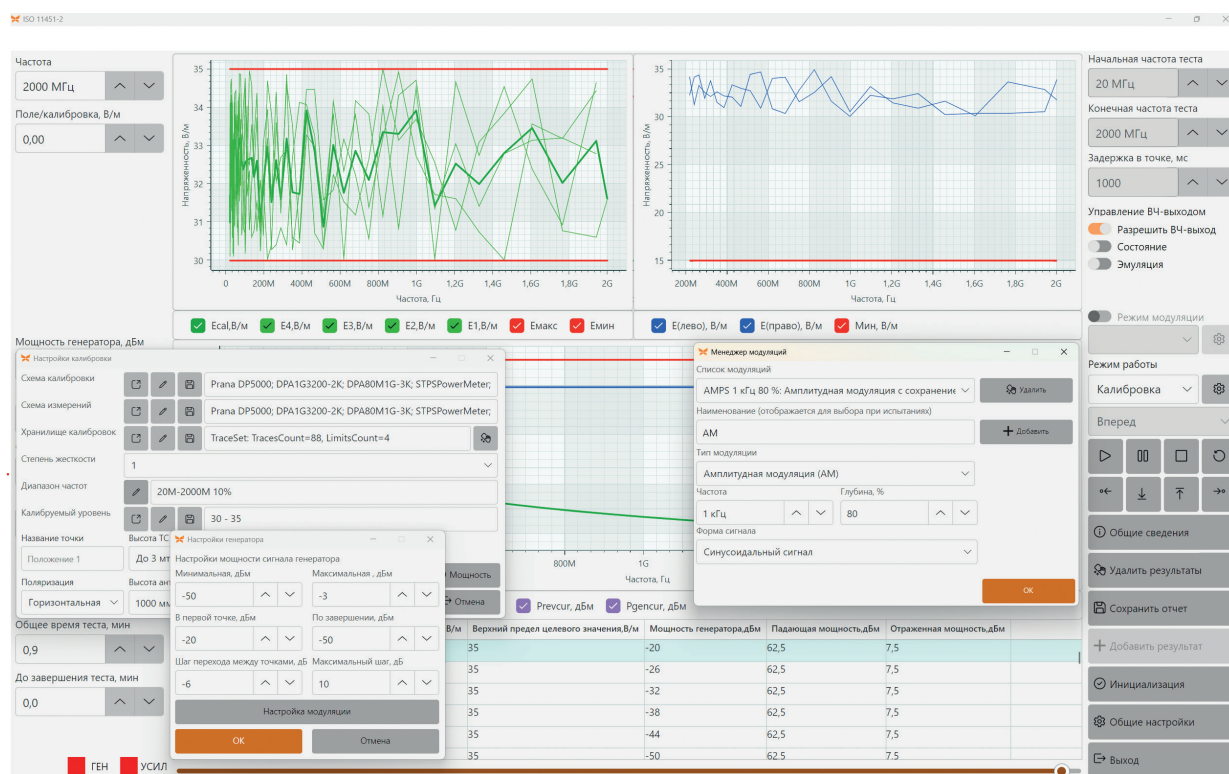


Рис. 12. Дашборды для управления процессом испытаний/калибровки

## Результаты исследований

В результате создания АРМ были выполнены исследования в отношении определения возможности применения существующей испытательной базы для проведения испытаний ТС на устойчивость к электромагнитному излучению в соответствии с требованиями [1].

На первом этапе измерено затухание ВЧ-тракта длиной 15 м в диапазоне частот 20 МГц — 6 ГГц (рис. 17). Результаты представлены для антенн в горизонтальной поляризации, расстояние от антенны до ДЭП составляет 2 м, длина коаксиального тракта — 15 м. На рис. 13 показана частотная зависимость напряженности поля и мощности на входе усилителя в диапазоне частот 20–100 МГц, применялась антенна Schwarzbeck VHBD 9134 с усилителем мощности Frankonia VLL1000L (допустимая мощность на входе +10 дБм). В полосе 20–25 МГц антенна обладает высоким КСВН, что предъявляет особые требования к конфигурации площадки. КСВН зависит от высоты расположения антенны и наличия поглотителя на подстилающей поверхности. Согласно рис. 14, усилитель Dipaul SSPA80M1G-800 в сочетании с антенной Schwarzbeck STLP 9129 special обеспечивает необходимый уровень напряженности поля в диапазоне частот 100 МГц — 1 ГГц. При этом возможно дальнейшее повышение мощности на входе усилителя более чем на 10 дБ. Такой запас позволяет увеличить расстояние между излучающей антенной и тестируемым объектом либо повысить испытательный уровень.

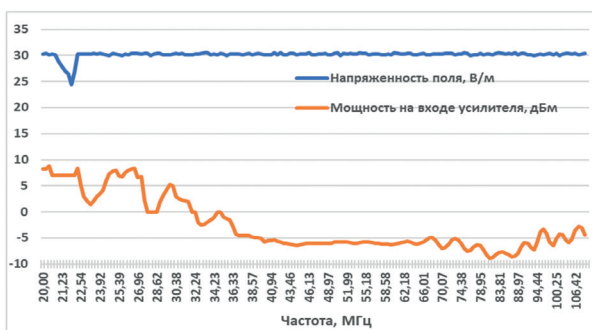


Рис. 13. Антенна Schwarzbeck VHBD 9134 с усилителем Frankonia VLL1000L

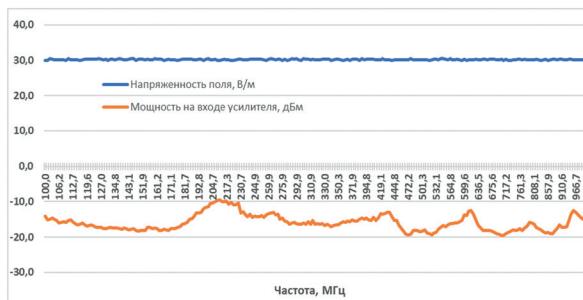


Рис. 14. Антенна Schwarzbeck STLP 9129 special с усилителем Dipaul SSPA80M1G-800

Для диапазона 1–6 ГГц был выбран усилитель мощности Dipaul SSPA1G6G-100L в сочетании с антенной Schwarzbeck STLP 9129 special. Согласно [1], уровень испытательного воздействия должен составлять 30 В/м для полосы частот 1–2 ГГц и 10 В/м для диапазона частот 2–6 ГГц. Исходя из графиков, представленных на рис. 15, такая полеобразующая система гарантирует достижение необходимого уровня воздействия в диапазоне 1–1,7 ГГц. В полосе 1,7–2 ГГц наблюдается снижение напряженности поля до 25 В/м.

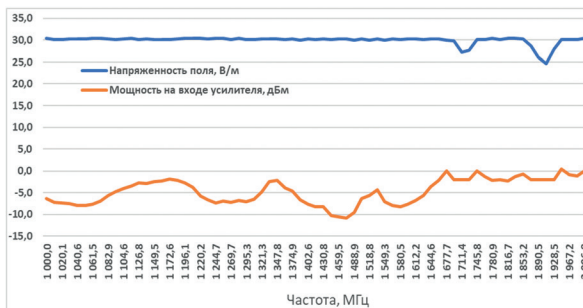


Рис. 15. Антенна Schwarzbeck STLP 9129 special с усилителем Dipaul SSPA1G6G-100L (1–2 ГГц)

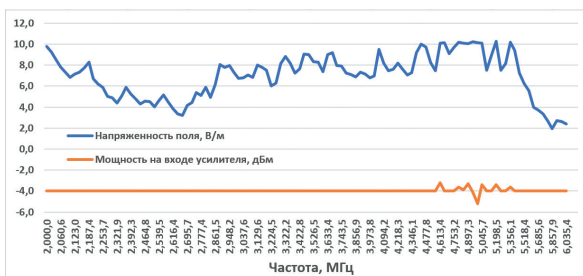


Рис. 16. Антенна Schwarzbeck STLP 9129 special с усилителем Dipaul SSPA1G6G-100L (2–6 ГГц)



В диапазоне частот 2–6 ГГц ослабление сигнала в тракте длиной 15 м составляет 30 дБ (рис. 17), график максимальной напряженности поля при применении антенны Schwarzbeck STLP 9129 special и усилителя Dipaul SSPA1G6G-100L показан на рис. 16. Такая конфигурация не обеспечивает необходимый уровень испытательного воздействия 10 В/м. В качестве решения данной проблемы возможно снижение длины ВЧ-тракта либо применение рупорных антенн с высоким коэффициентом усиления. Результат калибровки в диапазоне 2–6 ГГц при использовании рупорной антенны МНИПИ П6-23М показан на рис. 18. Рупорная антенна обеспечивает необходимый уровень воздействия практически во всем диапазоне частот. Для дальнейшего повышения напряженности следует сокращать длину ВЧ-тракта либо использовать кабель с меньшим ослаблением.

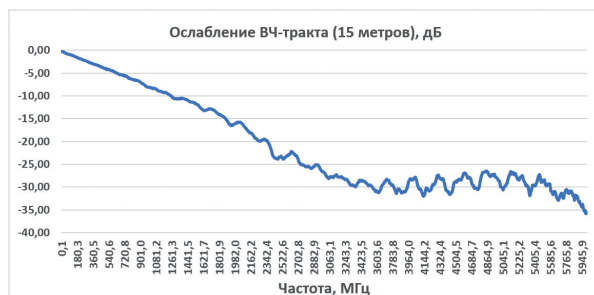


Рис. 17. График ослабления ВЧ-тракта

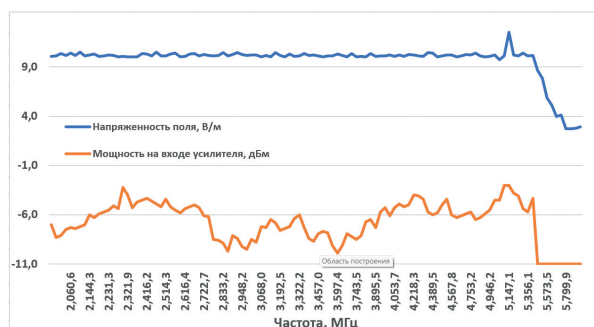


Рис. 18. Антенна МНИПИ П6-23М с усилителем Dipaul SSPA1G6G-100L (2–6 ГГц)

## Выводы

Программное обеспечение, разработанное в LOW CODE-среде ЭМИКА существенно упрощает и ускоряет процесс исследований характеристик контрольного-измерительного оборудования. Созданная схема измерений является универсальной и обеспечивает возможность взаимозаменяемости измерительного оборудования в рамках одного типа без внесения изменений в алгоритм измерений. Применяемый подход позволил определить оптимальную конфигурацию оборудования для проведения испытаний согласно требованиям [1] с минимальными временными затратами. При этом созданное решение в дальнейшем также можно использовать непосредственно при выполнении калибровки и проведении испытаний.

## Литература

1. ECE/TRANS/WP.29/GRE/2023/27/Rev.1. Проект предложений по поправкам серии 07 к Правилам ООН № 10 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости.
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011).
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012).
4. Поправки серии 03 к Правилам ООН № 10 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости.
5. Поправки серии 06 к Правилам ООН № 10 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости.
6. СТБ ISO 11451-2:2022 Транспорт дорожный. Методы испытаний транспортных средств на устойчивость к воздействию узкополосного излучения электромагнитной энергии.
7. ISO 11452-11:2010 Транспорт дорожный. Методы испытаний компонентов на устойчивость к воздействию узкополосного излучения электромагнитной энергии. Часть 11. Реверберационная камера.
8. ISO 11451-5:2023 Транспорт дорожный. Методы испытаний транспортных средств на устойчивость к воздействию узкополосного излучения электромагнитной энергии. Часть 5. Реверберационная камера.
9. ISO 11451-4:2022 Транспорт дорожный. Методы испытаний транспортных средств на устойчивость к воздействию узкополосного излучения электромагнитной энергии. Часть 4. Методы возбуждения жгутов.
10. ISO 11451-2:2015 Транспорт дорожный. Методы испытаний транспортных средств на устойчивость к воздействию узкополосного излучения электромагнитной энергии. Часть 2. Источники излучения вне транспортного средства.



# *К лидерству через технологии*

Основной фокус состоявшегося ПМЭФ-2025 сошелся на поиске общих ориентиров в условиях глобальной турбулентности, переосмыслении моделей сотрудничества и формировании основ устойчивого развития. Как и в прошлом году, участники дискуссий отметили лидирующее значение технологического развития.



Главная тема XXVIII Петербургского международного экономического форума — «Общие ценности — основа роста в многополярном мире» — подчеркивает стремление к сбалансированному и инклюзивному развитию, где уважение к культурному многообразию, равноправие и взаимный интерес становятся базой для построения новых экономических связей.

Особое внимание было уделено вопросам укрепления экономического суверенитета, развитию национальных финансовых систем и противодействию санкционному давлению.

Одним из событий Форума стало подписание соглашения о долгосрочном партнерстве между группой компаний «Диполь» и банком ВТБ.





Деловая программа 2025 года объединила более 150 сессий, охватывающих широкий круг тем — от глобальных экономических трендов и цифровой трансформации до устойчивого развития, технологического лидерства и укрепления гуманитарных связей. Выделялись пять основных треков:

- ✦ **«Мировая экономика: новая платформа глобального роста»** — укрепление многополярного мира, расширение торговых связей с дружественными странами и реформирование глобальных экономических институтов.
- ✦ **«Российская экономика: новое качество роста»** — фокус на диверсификацию экономики, поддержку малого и среднего бизнеса, а также на развитие национальных финансовых инструментов, таких как цифровой рубль.
- ✦ **«Человек в новом мире»** — социальные трансформации, развитие человеческого капитала, образование и здравоохранение, включая цифровизацию социальных услуг.
- ✦ **«Среда для жизни»** — акцент на экологическую повестку, устойчивое развитие, зеленую энергетику и климатические инициативы, которые активно обсуждаются в контексте глобальных вызовов.
- ✦ **«Технологии: стремление к лидерству»** — обсуждение прорывных технологий, включая искусственный интеллект, квантовые вычисления и биотехнологии, а также вопросы импортозамещения и создания национальных технологических экосистем.





Технологическая повестка уже не первый год остается центральной темой круглых столов на ПМЭФ, и мнение участников все так же солидарно — отмечается ведущая роль развития технологий и вопросов технологического лидерства.

В ответ на современные вызовы в России были сформированы новые подходы к государственной технологической политике, которые предусматривают национальный контроль над технологиями, создание собственных линий разработки, а также востребованность отечественной высокотехнологичной продукции на внутреннем и внешнем рынках.



В том числе на Форуме дискутировали и о развитии технологий в электронной промышленности, тенденциях в радиотехнике, состоянии отрасли и рынка, а также о прогнозах на будущее. И здесь можно выделить следующие результаты обсуждений вопросов адаптации к новым условиям в многополярном мире:

**1. Развитие технологий в электронной промышленности.**

- Участники подчеркнули важность развития отечественных технологий и платформ, особенно в условиях санкций и ухода западных компаний. Это предусматривает создание решений, основанных на собственных разработках.
- Обсуждались вопросы импортозамещения и поддержки отечественных брендов как ключевое направление для обеспечения экономической независимости.

**2. Тенденции в радиотехнике.**

- Уделяется внимание развитию новых технологий в радиотехнике, включая использование искусственного интеллекта.
- Очевидна необходимость адаптации к новым условиям, связанным с изменением структуры экономики и переходом к более технологичным решениям.





### 3. Состояние отрасли и рынка.

- Отмечено, что российская экономика продолжает расти. В 2025 году рост ВВП составил 4,3%, что выше среднемирового уровня.
- Рассмотрены вопросы поддержки бизнеса и создания благоприятных условий для развития предпринимательства, включая улучшение инвестиционного климата.
- Ключевым вопросом остается достижение технологического лидерства в конкуренции с транснациональными гигантами. Необходимо разработать стратегию, которая позволит российским компаниям не только увеличить долю отечественной продукции на рынке, но и обеспечить экономическую эффективность в условиях жесткой конкуренции

### 4. Прогнозы.

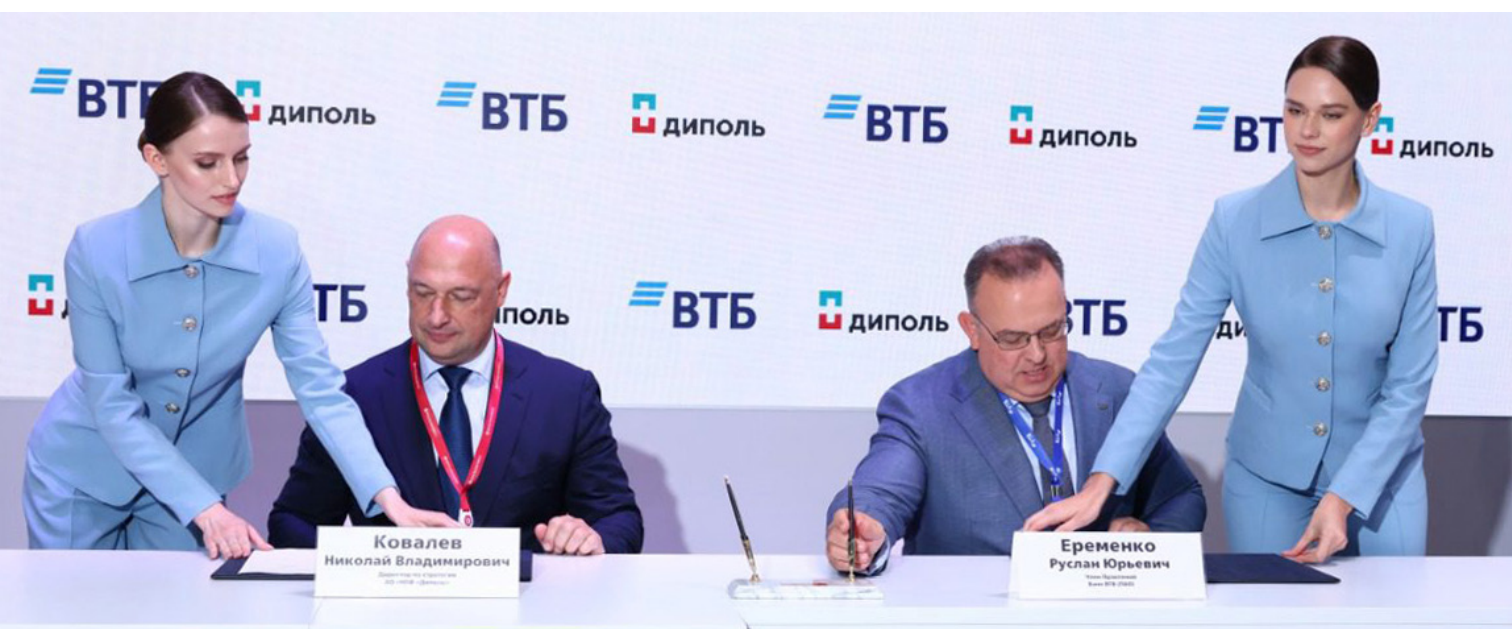
- Есть поводы для сдержанного оптимизма относительно будущего российской экономики.
- Все большую роль приобретают технологии искусственного интеллекта.
- Ожидается «технологическая репатриация», когда зарубежные компании вернутся с комплексными решениями.



**В рамках ПМЭФ-205 ГК «Диполь»  
и банк ВТБ заключили соглашение  
о долгосрочном партнерстве.**

Документ о сотрудничестве предусматривает комплексную финансово-инвестиционную поддержку, включая кредитование, гарантийные операции и торговое финансирование, что позволит компании ускорить реализацию стратегических проектов в сфере высоких технологий.

Соглашение было подписано членом правления ВТБ Русланом Еременко и председателем совета директоров «Диполя» Николаем Ковалевым.



Руслан Еременко отметил: «Соглашение с «Диполем» демонстрирует важность поддержки высокотехнологичных компаний, которые обеспечивают технологический суверенитет страны. Мы видим значительный потенциал для развития совместных проектов, особенно в области импортозамещения и технологизации промышленности».

Николай Ковалев добавил: «Партнерство с ВТБ открывает новые возможности для реализации наших инновационных проектов. Финансовая поддержка поможет укрепить позиции на рынке и расширить линейку решений для клиентов».

Соглашение, подписанное на площадке ПМЭФ-2025, свидетельствует об интересе к лидерам высокотехнологичного сектора экономики и стимулировании развития инновационных решений в рамках национальных приоритетов.



## Саммари мнений



**Денис Мантуров,**

*первый заместитель Председателя  
Правительства Российской Федерации:*

— Предпочтение отдается отечественному производству в госзакупках. 75% государственных закупок осуществляется путем закупки российской продукции от российского производителя. Это, как мне кажется, существенное достижение.

Мы точно не отказываемся от иностранных инвестиций, но, чтобы инвестиции были умными, чтобы это были вложения не просто в создание мощностей, а в первую очередь создание новых технологических компетенций в тех направлениях, которые у нас еще пока требуют дополнительного развития, дополнительных вложений. Это наличие контроля у российского бенефициара, и все новые специнвестконтракты, в частности в автопроме, заключаются именно на этих принципах.



**Сергей Глазьев,**

*государственный секретарь  
Союзного государства:*

— Важно создание равных условий для отечественных компаний. До 80% импортной продукции мы могли бы заместить на базе собственного научно-технического потенциала союзного государства. Вопрос надо ставить не в плоскости «пускать или не пускать», а скорее в плоскости создания хотя бы равных условий для наших компаний с точки зрения доступа к кредитным ресурсам.

Есть зависимость экономики от иностранных технологий. До введения санкций у нас половина торговли была в руках иностранных компаний. Понятно, что это замыкающее звено, которое на самом деле вытягивает всю цепочку добавленной стоимости.



**Вячеслав Федорищев,**  
*губернатор Самарской области:*

— В 90% случаев мы видим, что наш бизнес более ответственный, более последовательный, наши технологии, наша корпоративная культура побеждают.

Пока можно говорить о неэффективном распространении информации о государственных мерах поддержки. Необходимо более последовательно и даже более быстро информировать большое количество людей, национальных лидеров, малых и средних компаний о тех новых мерах, которые появляются в нишах. Сейчас информирование недостаточное. Даже по станкостроению из порядка десяти тысяч компаний, которые работают в этой отрасли сейчас в стране, не все в феврале знали о мерах, которые закладываются в нацпроект.



**Михаил Осеевский,**  
*президент, ПАО «Ростелеком»:*

— В развитии компетенций российских компаний важна роль государственного спроса. Для российских компаний возможности большие. Сам рынок закупок государственной, публичной стороны довольно масштабный. Это позволит российским компаниям набирать компетенции, но масштаб, влияющий на цену, конечно, будет все время на них давить.







**Антон Силуанов,**  
*министр финансов Российской Федерации:*

— Обеспечивая технологический суверенитет, самое главное, мы должны сейчас делать упор на свой действительно технологический суверенитет, что и делали последние годы. Это дает свой результат, потому что какие-то компании уходят, какие-то появляются.



**Василий Шпак,**  
*заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации:*

— Технологии двойного назначения становятся критически важными для формирования глобального лидерства. После окончания специальной военной операции у нас будет новое окно возможностей. Мы должны иметь возможность ту экосистему и те способы и методы обновления и появления новых технологических решений, которые получили во время СВО, быстро конвертировать в гражданскую жизнь, в гражданские технологии, получить новые качества уже там. Получить рывок там. И нам ни в коем случае нельзя это время упустить. Поэтому надо навести ясность с терминами и понятиями. Нет отдельно гражданских, уже нет отдельно военных, нет никаких двойных. Технологии бывают или сквозными, или критическими.





**Алексей Репик,**

*председатель Общероссийской общественной организации «Деловая Россия»:*

— Партнерство бизнеса, государства и науки сегодня необходимо для достижения не просто технологического суверенитета, а технологического лидерства России. Только это позволит сохранить экономический рост при дефиците кадров — одного из ключевых факторов экономики государства. Человеческий капитал является гордостью и ключевой силой конкурентоспособности нашей экономики, но при том уровне безработицы, который у нас есть сейчас, мы должны определить, в каких нишах его следует эффективно использовать, максимизируя добавленную стоимость.



**Денис Секиринский,**

*заместитель министра науки и высшего образования Российской Федерации:*

— Партнерство науки и бизнеса — ключ к эффективной коммерциализации технологий. Взаимодействие и коммерциализация, а также взаимодействие науки и бизнеса возможны только на партнерских отношениях, тогда оно будет взаимовыгодным и эффективным.







**Василий Осьмаков,**

*первый заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации:*

— Российская наука в силу того, что она преимущественно государственная, и российский бизнес, который в общем-то частный, — будь то госкомпания или компания с госучастием, — все равно живет по законам частной компании, они очень институционно разные. Они предельно институционно разные.



Текст — Наталья Иванова

 • Алексей Смышляев  
 • [photo.roscongress.org](http://photo.roscongress.org)  
 • [sk-news.ru](http://sk-news.ru)






Комплексное обеспечение  
учебных лабораторий  
измерительными решениями





**Алексей Шостак,**  
*технический специалист отдела  
контрольно-измерительного  
оборудования, ГК «Диполь»*  
[ShostakAA@dipaul.ru](mailto:ShostakAA@dipaul.ru)

Лабораторные работы — важная и обязательная составляющая учебного плана студентов технических специальностей, в ходе которых на практике применяются теоретические знания, развиваются навыки экспериментирования и анализа данных. К сожалению, далеко не все электро- и радиотехнические лаборатории отечественных вузов оснащены современными средствами измерения. Иногда студентам приходится довольствоваться только виртуальными измерительными приборами и системами.

Проведение лабораторных работ требует значительных трудозатрат и от преподавательского состава. Организационный процесс включает несколько этапов, каждый из которых сопряжен с определенными техническими, методическими и организационными вызовами.

Группа компаний «Диполь» — ведущий российский поставщик технологий для радиоэлектронной промышленности. Компания занимается технологическим оснащением предприятий, а также внедрением инновационных решений в области разработки, производства и испытаний электроники.

Понимая важность перечисленных проблем и имея многолетний опыт работы с измерительным оборудованием и образовательными учреждениями, компания «Диполь» на основе решений производителей лабораторных макетов и измерительного оборудования создала полностью укомплектованные наборы для выполнения студенческих лабораторных работ. Комплекты включают: измерительное оборудование с сопутствующим программным обеспечением (рис.1); цикл редактируемых слайдов с теоретическими лекциями (рис. 2) и методические указания; лабораторный макет (рис. 3); дополнительные принадлежности (рис. 4).

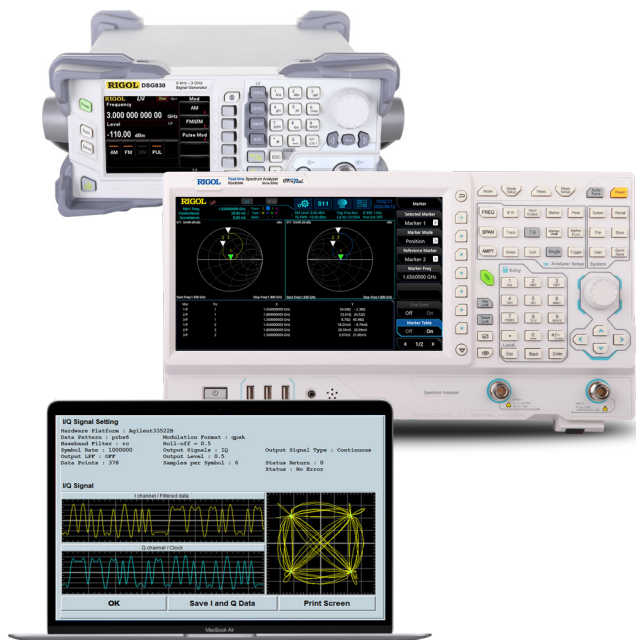


Рис. 1. Измерительное оборудование с сопутствующим программным обеспечением

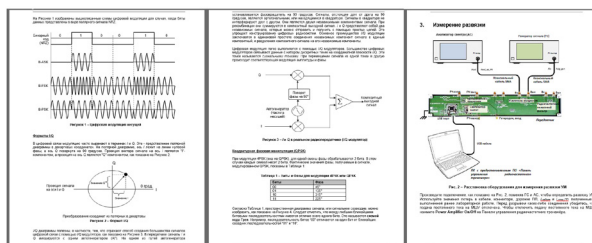


Рис. 2. Комплект редактируемых слайдов с теоретическими лекциями

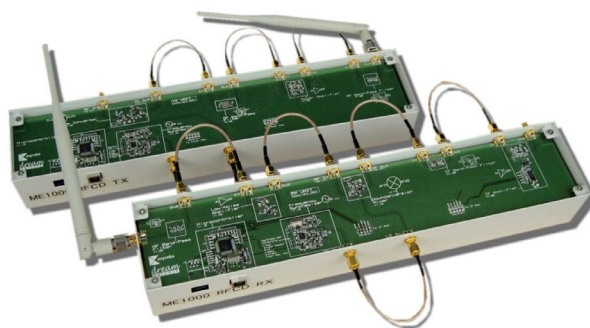


Рис. 3. Лабораторный макет



Рис. 4. Дополнительные принадлежности



На каждую учебную тему отведено от 10 до 30 часов лабораторных упражнений и предусмотрено примерно 10–12 лабораторных работ, посвященных как отдельным модулям (полосовые фильтры, усилители, пассивные компоненты и т. д.), так и системам в целом (системы радиолокации, приемопередающие модули, анализ целостности цифровой передачи сигналов, IoT).

Такое разделение позволяет разработать собственные учебно-методические материалы на основе различных комбинаций обозначенных модулей без необходимости укомплектовывать лаборатории дополнительными измерительными приборами при выполнении практических занятий в расширенном варианте.

## Темы лабораторных работ

| Темы циклов                                              | Рассматриваемые вопросы                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проектирование радиочастотных цепей                      | <p>Теоретические основы радиотехники</p> <p>Теория проектирования радиочастотных цепей</p> <p>Теория систем радиосвязи</p> <p>Определение характеристик радиочастотных цепей</p> <p>Моделирование и конструирование радиочастотных цепей</p>                                                                     |
| Цифровая радиосвязь                                      | <p>Основы цифровой связи</p> <p>Цифровые методы модуляции</p> <p>Анализ приемопередатчиков основной полосы и радиочастотных приемопередатчиков</p> <p>Архитектура приемопередатчиков</p> <p>Использование программного обеспечения для генерации сигналов основной полосы</p>                                    |
| Электромагнитные помехи и электромагнитная совместимость | <p>Источники электромагнитных помех</p> <p>Основы ЭМС</p> <p>Рекомендации по проектированию печатных плат</p> <p>Нормы и стандарты в области ЭМС</p> <p>Испытания на соответствие и измерение параметров ЭМП и ЭМС</p>                                                                                           |
| Основы и системы радиолокации                            | <p>Понятие основных принципов работы радара</p> <p>Классификация радарных систем</p> <p>Обзор и анализ современных радарных систем</p> <p>Применение методов обработки сигналов для радиолокационного анализа</p> <p>Оценка параметров радиолокационных сигналов с помощью контрольно-измерительных приборов</p> |
| Аналоговая электроника                                   | <p>Основы физики полупроводников</p> <p>Аналоговые электронные устройства</p> <p>Анализ электронных цепей</p> <p>Типовые применения электронных устройств</p>                                                                                                                                                    |
| Проектирование аналоговых цепей                          | <p>Анализ аналоговых цепей</p> <p>Пассивные и активные компоненты</p> <p>Анализ и проектирование цепей на биполярных и полевых транзисторах</p> <p>Практическое проектирование цепей на ОУ</p> <p>Проектирование активных фильтров</p>                                                                           |
| Измерительные приборы и методы измерения                 | <p>Принципы измерений</p> <p>Введение в измерительные приборы</p> <p>Использование средств программирования измерительных приборов</p> <p>Использование простых измерительных приборов</p>                                                                                                                       |

Проведение данных работ не только позволяет закрепить теоретические знания и способности анализировать экспериментальные данные, но и обеспечивает получение реальных (в отличие от работы с виртуальными приборами — например, пакетом LabVIEW) практических навыков обращения с современными средствами измерения (с действующими сертификатами Госреестра СИ и широким применением на отечественных предприятиях). Сюда можно отнести цифровые осциллографы, генераторы сигналов, анализаторы спектра, мультиметры и другую аппаратуру. Опыт проведения прецизионных измерений, анализа целостности сигналов и компонентов радиочастотного тракта, коммутации электро- и радиоцепей — сложно переоценить влияние полученных навыков на конечную высокую квалификацию будущих инженеров.

В качестве основного оборудования в разработанных лабораторных комплексах ГК «Диполь» предлагает использовать продукцию компании [Rigol Technologies](#) — мирового производителя контрольно-измерительного оборудования. Для примера на рис. 5 продемонстрирован состав стенда для проведения лабораторных работ раздела «Проектирование радиочастотных цепей».



Рис. 5. Состав стенда

### Состав стенда:

- ✗ Лабораторный макет «Проектирование радиочастотных цепей».
- ✗ СВЧ-генератор сигналов [Rigol DSG821A](#).
- ✗ Анализатор спектра с опцией анализа цепей [Rigol RSA5065N](#).
- ✗ Генератор сигналов произвольной формы (ГСПФ) [Rigol DG5102](#).
- ✗ Цифровой осциллограф [DS7024](#).
- ✗ Набор аксессуаров RF Adaptor Kit.
- ✗ Калибровочный набор СК106А.

При необходимости (и в соответствии с техническими и функциональными возможностями) лабораторные работы могут быть адаптированы к имеющемуся измерительному оборудованию.



Для экономии пространства рабочего места в данных работах также возможно использование измерительных приборов формата PXI (рис. 6) — модульных систем, построенных на основе стандарта PXI (PCI eXtensions for Instrumentation), который является расширением шины PCI (используется в персональных компьютерах) для применения в автоматизированных измерениях и [испытаниях](#).



Рис. 6. Модульные системы, построенные на основе стандарта PXI

При схожих с настольными приборами характеристиках такие решения довольно компактны.

Внедрение PXI-оборудования в лабораторный практикум открывает новое направление в подготовке студентов — обучение современным методам автоматизации измерений (АИ). В отличие от традиционных электро- и радиоизмерительных приборов (вольтметров, осциллографов и т. п.), PXI-модули (например, цифровые мультиметры, генераторы сигналов, анализаторы спектра, модули АЦП/ЦАП) управляются программно, что требует от студентов понимания не только физических основ измеряемых процессов, но и навыков работы с программными средами для автоматизации, например, разработки ГК «Диполь» — [Low-code-редактора ЭМИКА для автоматизации измерений](#).

Успешное решение задач по автоматизации измерительных процедур способствует формированию у студентов системного мышления, пониманию принципов построения автоматизированных измерительных комплексов (АИК), а также подготовке к работе в таких областях, как промышленная автоматизация, контроль качества, тестирование авиационно-космической и автомобильной техники, разработка полупроводниковых устройств, и в других высокотехнологичных секторах.

Департамент контрольно-измерительного оборудования ГК «Диполь» имеет успешный опыт внедрения описанных лабораторных комплектов и решений в технических вузах России, таких как РТУ МИРЭА, УрФУ, КФУ, «Алабуга Политех». Инженеры ГК «Диполь» готовы посетить заказчика для демонстрации работы представленных решений. При необходимости оборудование предоставляется для тестирования на срок до 14 дней.

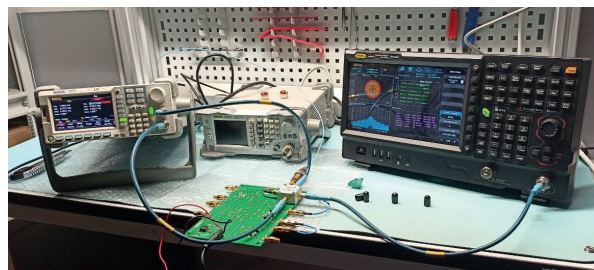


Рис. 7. Пример стенда из лаборатории РТУ МИРЭА, в оснащении которой принимали участие специалисты ГК «Диполь».

## Справка:

ЭМИКА — собственная разработка ГК «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.

# ВВЕДЕНИЕ В 3D

Группа компаний «Диполь» представила новый учебный курс «Тренинг по 3D-сканированию и реверс-инжинирингу». Первые выпускники уже получили сертификаты о прохождении образовательной программы.





## Пятидневный тренинг — эксклюзивная разработка компании «Диполь»,

которая содержит следующие теоретически-практические блоки:

### 1. Введение в технологию

- ✎ Принцип работы технологии 3D-сканирования.
- ✎ Основные технологии (лазерное и оптическое 3D-сканирование).
- ✎ Преимущества и ограничения технологии.
- ✎ Разбор готовых кейсов, анализ результатов.
- ✎ 3D-сканирование лазерным и оптическим сканерами.

### 2. Обработка результатов 3D-сканирования

- ✎ Оптимизация результатов.
- ✎ Сшивание сканов.
- ✎ Конвертация в полигональную 3D-модель.

### 3. Реверс-инжиниринг

- ✎ Знакомство с ПО и функционалом (Geomagic Design X).
- ✎ Реверс-инжиниринг по результатам 3D-сканирования.

### 4. Контроль качества и разбор ошибок

- ✎ Основные ошибки (топология, интерпретация) и как их избежать.
- ✎ Проверка качества (визуально, базовые измерения).
- ✎ Geomagic Control X (измерительный инструмент).
- ✎ Разбор типичных ошибок и оптимизация.

Курс рассчитан на практические задачи специалистов различных отраслей промышленности: руководителей подразделений, технологов и инженеров, операторов оборудования. При этом программа имеет универсальную направленность и подходит для широкого спектра сканирующего оборудования.



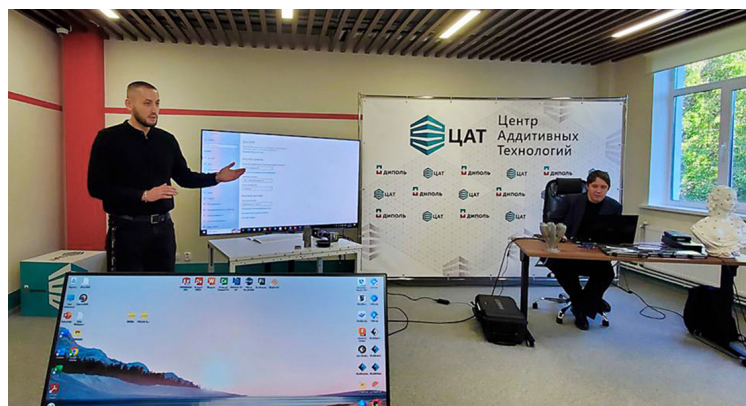
В сентябре текущего года на территории Центра аддитивных технологий (ЦАТ) ГК «Диполь» прошло премьерное обучение по представленной программе. Его участниками стали сотрудники петербургского предприятия ПАО «Сигнал». Слушатели на практике ознакомились с методами 3D-сканирования, моделирования, контроля геометрии и их применения в обратной разработке изделий и разработке оснастки.

В ЦАТ регулярно проводятся обучающие занятия (семинары и тренинги) по направлениям «3D-печать» (SLM, SLA, FDM), «3D-сканирование», «реверс-инжиниринг».

Обучение состоит из нескольких блоков:

- ✎ **Теоретическая программа** (презентация, лекционные занятия).
- ✎ **Практика** (работа с оборудованием и ПО).
- ✎ **Q&A-сессии и тестирование.**

Учебные программы постоянно актуализируются с учетом отраслевых запросов.

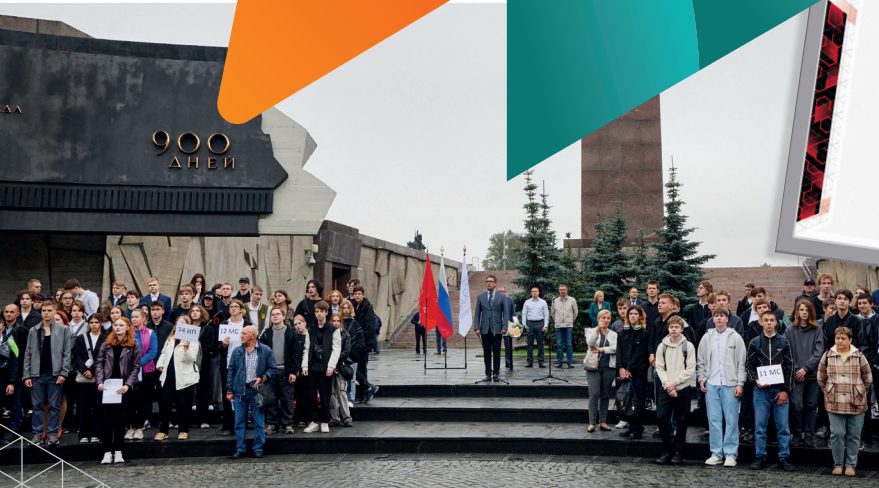


## Справка

Курс «Тренинг по 3D-сканированию и реверс-инжинирингу» включен в цикл регулярных образовательных мероприятий компании «Диполь». В настоящее время формируются новые группы. Заявку на участие следует направлять по адресу [3dsales@dipaul.ru](mailto:3dsales@dipaul.ru) (с пометкой «Тренинг»).

# ПО ПАРАМ

Колледж электроники и приборостроения (КЭП) начал новый учебный год. На торжественной линейке, посвященной Дню знаний, представители группы компаний «Диполь» поздравили студентов и коллектив колледжа с праздником и вручили сертификаты на программное обеспечение (ПО) собственной разработки.





За свою более чем сорокалетнюю историю Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Колледж электроники и приборостроения» выпустило тысячи специалистов отрасли, а само учреждение неоднократно становилось лауреатом профессиональных чемпионатов и конкурсов.

В настоящее время КЭП является Отраслевым центром приборостроения, членом Ассоциации предприятий радиоэлектроники, приборостроения, средств связи и инфотелекоммуникаций, Городским ресурсным центром и осуществляет подготовку специалистов для электронного кластера Санкт-Петербурга по направлениям «Электроника» и «Мехатроника»: радиомеханик, монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов, электромонтажник-наладчик, мастер по обработке цифровой информации, техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники, радиоаппаратостроение, радиотехнические информационные системы, автоматизация технологических процессов и производств, монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.



— Валерия Гуртовая  
Алексей Смышляев

В этом году два учебных класса колледжа будут оснащены программами «ЭМИКА» и «КУПОЛ».



**ЭМИКА** — программное обеспечение 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.



**ДИПОЛЬ КУПОЛ**

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



Генеральный директор ООО «Диполь Интеграция» Анатолий Семенов и директор Колледжа электроники и приборостроения Галина Воронько

Колледж — давний партнер «Диполь». Компания участвовала в установке и наладке производственной линии КЭП, комплектации оборудованием учебных мастерских. Ведется постоянное сотрудничество по таким направлениям, как производственная практика и трудоустройство студентов, совместные семинары по инновационным технологиям с участием педагогов колледжа.



# НОВОСТИ НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОСТИЖЕНИЙ





## Квантовая переменная

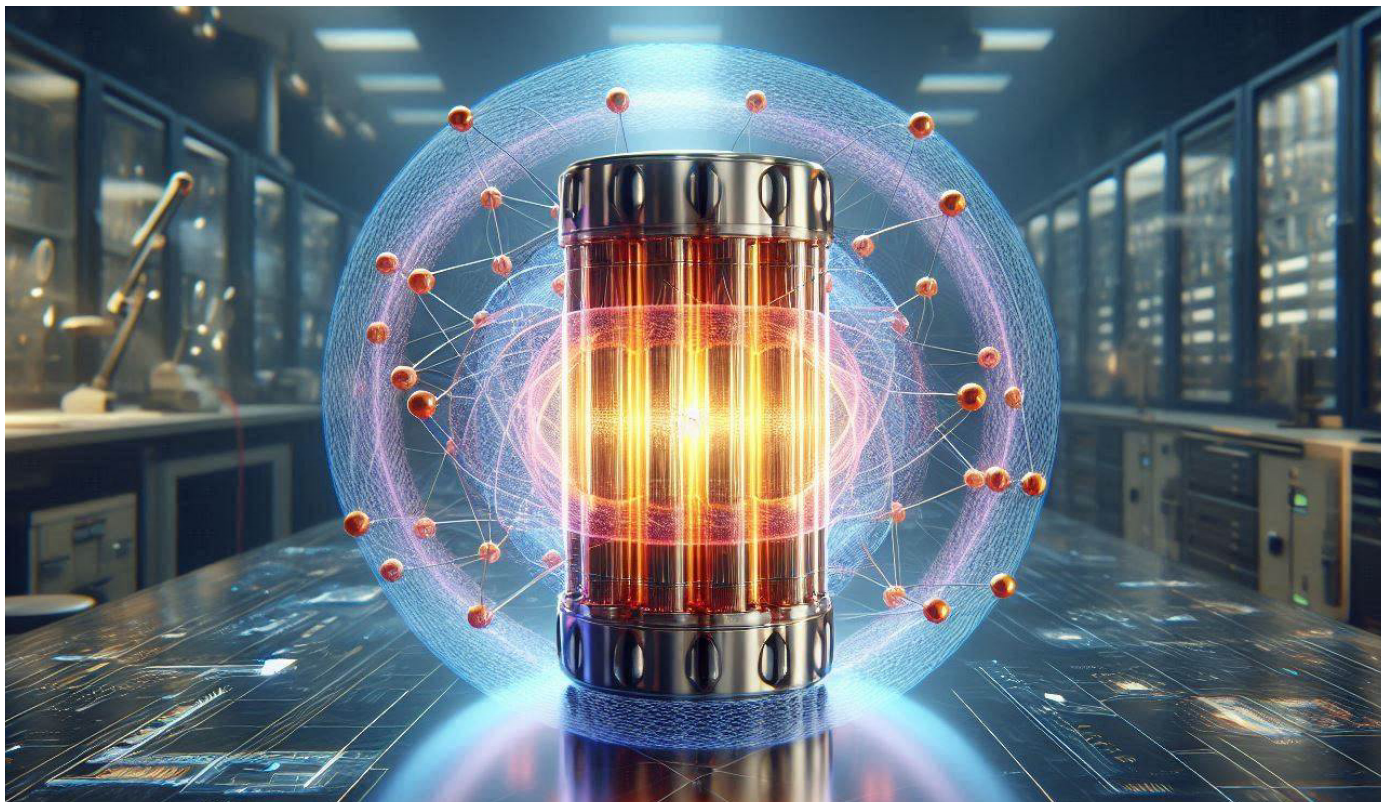
**Представьте мир, где причины и следствия меняются местами. Ученые обнаружили, что в квантовом пространстве такая ситуация возможна.**

Юаньбо Чен из Токийского университета исследовал влияние необычных свойств квантовой механики на работу будущих энергетических устройств — квантовых батарей.

Эти удивительные системы работают иначе, чем обычные аккумуляторы. Представьте два аккумулятора, соединенных особым каналом передачи энергии. Один аккумулятор большой, но медленно заряжается, второй маленький и с быстрой зарядкой. Благодаря свойствам квантовой запутанности связь между батареями становится двусторонней и хаотичной: невозможно однозначно определить, кто кого заряжает.

Это создает странную ситуацию: нарушение обычного порядка причинности позволяет таким батареям накапливать энергию значительно быстрее традиционных аналогов. Такой феномен звучит фантастично, однако ученые доказывают его эффективность теоретическими моделями.

Так квантовые технологии предлагают новый взгляд на устройство мира и возможности накопления энергии, нарушив привычную линейность природы и заставляя пересмотреть фундаментальные законы физики.



## Время революции

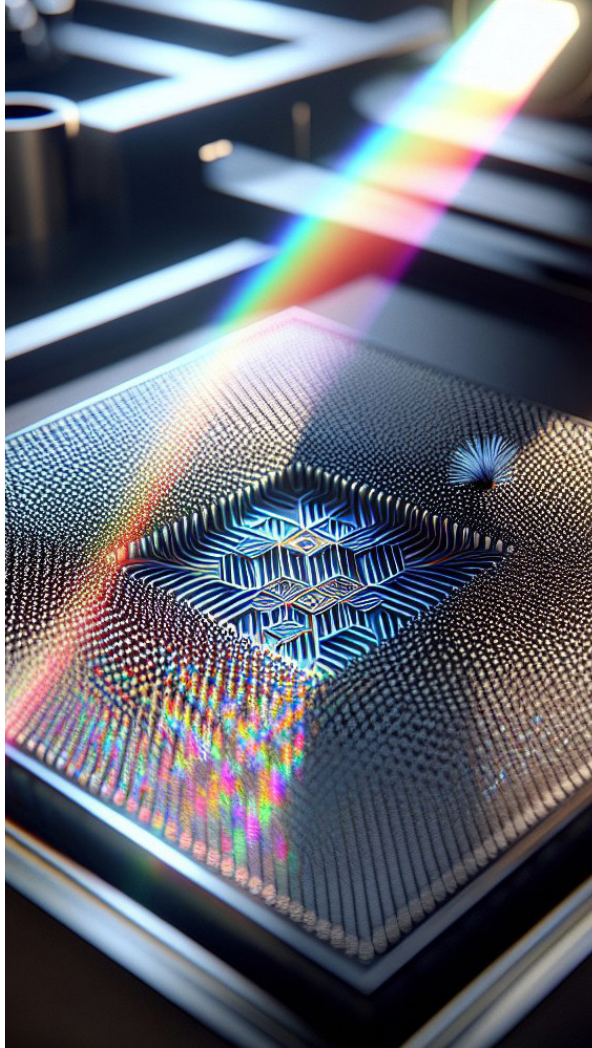
**Международная группа ученых представила первый в мире программируемый оптический чип, который уже называют фундаментальным сдвигом в разработке электроники.**

В оптике всегда работало ограничение: один чип — одна функция. Оптический чип с программируемыми функциями принесет гибкость в оптические схемы и откроет для фотоники новые горизонты в науке, промышленности и даже в повседневной жизни.

До сих пор для реализации каждой новой оптической функции требовалось отдельное устройство, что увеличивало стоимость и сложность производства таких схем, а также снижало выход годной продукции из-за производственных дефектов. В обычной кремниевой электронике от подобных ограничений избавили ПЛИС или FPGA, однако фотоника требует иного подхода. В качестве основы для оптической «ПЛИС» ученые создали базовую схему — ядро — из нитрида кремния. Этот материал прозрачен для инфракрасного диапазона и способен работать как линзы из стекла для видимого света.

Впрочем, программируемая фотонная схема работает иначе. На чипе создаются волноводы, которые всегда остаются неизменными. Но на них проецируется свет — импульсы лазера, который, по сути, выступает в роли пространственного модулятора. Так создаются зоны с нелинейной интенсивностью света, со сдвигами фаз или области, в которых проявляется интерференция световых волн «схемы» и полезного сигнала.

За счет возбуждения электронов в волноводах и благодаря различным поверхностным эффектам при стимуляции строго заданными паттернами наложенного света схема выполняет ту или иную заданную функцию. Для ее перепрограммирования достаточно «посветить» на чип определенным узором — переключение происходит мгновенно. Используя предложенный метод, ученые продемонстрировали произвольное формирование импульсов, настраиваемую генерацию второй гармоники, голографическую генерацию пространственно-спектрально структурированного света и изменяемое проектирование нелинейно-оптических функций в режиме реального времени.



Импульс от этого изобретения может распространиться далеко за пределы лаборатории. Согласно отчету IDTechEx, к 2035 году годовой доход от рынка фотонных интегральных схем может превысить \$50 млрд. Этот рынок охватывает передачу данных, телекоммуникации, квантовые технологии, датчики и лидары. Возможность программировать фотонные устройства после их изготовления может значительно сократить расходы на исследования, разработки и производство, одновременно повышая эффективность. Это также сделает оптические системы более компактными и энергоэффективными за счет сокращения количества необходимых компонентов.

Подобная гибкость может привести к прорывам в таких областях, как квантовые вычисления, где программируемые квантовые источники света и преобразователи частоты способны повысить эффективность вычислений и сетевых подключений. Это также может увеличить производительность телекоммуникационных систем за счет использования настраиваемых источников света для сетей 5G и будущих систем 6G.



## Я тебя запомнил!

**Мемристор — резистор с эффектом памяти, способный менять записанную в нем информацию под действием внешнего поля и сохранять ее при отключении этого поля (что значительно повышает энергоэффективность по сравнению с современными используемыми технологиями).**

Такие устройства являются перспективными элементами для нейроморфных компьютеров — вычислительных архитектур, имитирующих работу человеческого мозга.

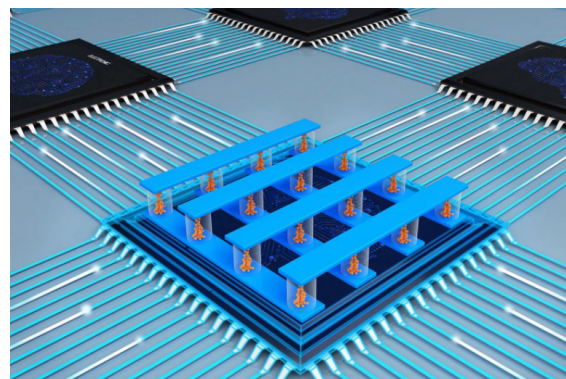
Для использования мемристоров требуется решить несколько технических задач. В частности, обеспечить их стабильную работу на протяжении многих циклов переключений, а также увеличить количество состояний мемристора с определенным сопротивлением, которое он способен удерживать в течение длительного времени. Чем больше стабильных состояний может хранить устройство, тем выше его способность к обучению.

Чтобы улучшить работу мемристоров, ученые МГУ им. М.В. Ломоносова и НИЦ «Курчатовский институт» предложили метод управляемого дефектообразования с помощью облучения альфа-частицами.

«Курчатовский институт обладает необходимым оборудованием для исследования различных электрофизических характеристик мемристоров, в том числе пластичности. Мы провели измерения образцов до и после облучения. Результаты показали улучшение работы устройства в плане как стабильности резистивных переключений, так и количества устойчивых состояний — их число выросло почти в 3 раза», — комментирует Борис Швецов, младший научный сотрудник группы

нейроморфных систем Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий. — Такой результат позволяет использовать ионизирующее излучение как метод улучшения характеристик мемристивных структур для дальнейшего использования в нейроморфных вычислительных системах».

Ученые отмечают, что управляемое формирование дефектов открывает путь к тонкой настройке характеристик мемристоров уже после их изготовления, без необходимости изменения состава материалов или конструкции устройства. Это существенно расширяет технологические возможности создания основанных на мемристорах электронных систем.



*Подготовлено на основе материалов научно-популярного журнала «Зеркало Мира» и Дайджеста информационных ресурсов по тематике радиоэлектронной промышленности.*





dipaul.ru  
8 (800) 200-02-66