

# 5G

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЗОР

## Освоение производства оборудования 5G

### Выход за рамки стандартов для победы в масштабной гонке 5G

Технология 5G быстро развивается. Участники рынка мобильной связи стремятся получить новые потоки доходов от бизнес-моделей 5G. Производители абонентского и сетевого оборудования продвигаются к коммерциализации на полной скорости.

На их пути встает производственная задача: смещение парадигмы с тестирования на соответствие стандартам, где приоритеты вращаются вокруг тестового охвата, к производственному тестированию, где стоимость и продолжительность тестирования определяет прибыльность и статус первенства на рынке. Отрасли необходимо как можно быстрее провести 5G от внедрения нового продукта (NPI) до крупносерийного производства (HVM). Производители абонентского и сетевого оборудования должны решить новые задачи производственного тестирования, с которыми они не сталкивались при производстве оборудования 4G – большее количество диапазонов частот, работа в миллиметровом диапазоне и расширение рабочей полосы частот.

5G New Radio (NR) предусматривает радиотехнологию множественного ввода-вывода (MIMO) и использование миллиметрового диапазона частот. В силу этих причин тестирование абонентских устройств и базовых станций 5G является непростой задачей. Производители абонентских устройств и базовых станций должны преодолевать серьезные проблемы, связанные с жесткими сроками выхода на рынок и стоимостью тестирования. Проблемы включают в себя поддержку большего числа диапазонов, от частот менее 6 ГГц до миллиметровых волн, увеличенные полосы каналов и переход к методам тестирования по радиоэффиру.

Производители абонентских устройств и сетевой инфраструктуры должны справиться с этими проблемами 5G, чтобы быстро внедрить инновации и выиграть в конкурентной борьбе. Чтобы стать лидерами рынка, они должны ускорить выход безопасных, надежных и экономичных решений 5G.



#### Основные темы этого документа:

- 5G раздвигает рамки стандартов
- Методы уменьшения сложности, времени и расходов на испытания
- Переоснащение для тестирования в миллиметровом диапазоне



## 5G раздвигает рамки стандартов

Производители мобильных телефонов и операторы сетей мобильной связи стремятся получить экономические выгоды от 5G. Развертывание сетей ускоряется и будет увеличиваться в геометрической прогрессии в течение следующих нескольких лет. Быстрое и надежное выполнение измерений 5G имеет решающее значение для производителей мобильных устройств и сетевого оборудования. Лучше всего это достигается с помощью стандартизованных платформ, которые могут адаптироваться и изменяться в соответствии с новейшими стандартами и методиками тестирования для 5G.



Производителям мобильных устройств и базовых станций требуются перспективные платформы тестирования, которые останутся актуальными в течение следующих 5–10 лет.

## Развитие стандартов сотовой связи

Чтобы максимально сократить время вывода продукта на рынок и оптимизировать стоимость тестирования, инженеры-производственники должны выполнить ряд тестов на соответствие стандартам, описанным в спецификациях консорциума 3GPP (3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project). Многие требования к испытаниям, особенно для миллиметрового диапазона, все еще находятся в стадии разработки. Это условие требует от производителей абонентских устройств и базовых станций развертывания в своих производственных цехах гибких и масштабируемых систем тестирования, способных адаптироваться к изменяющимся спецификациям тестирования.

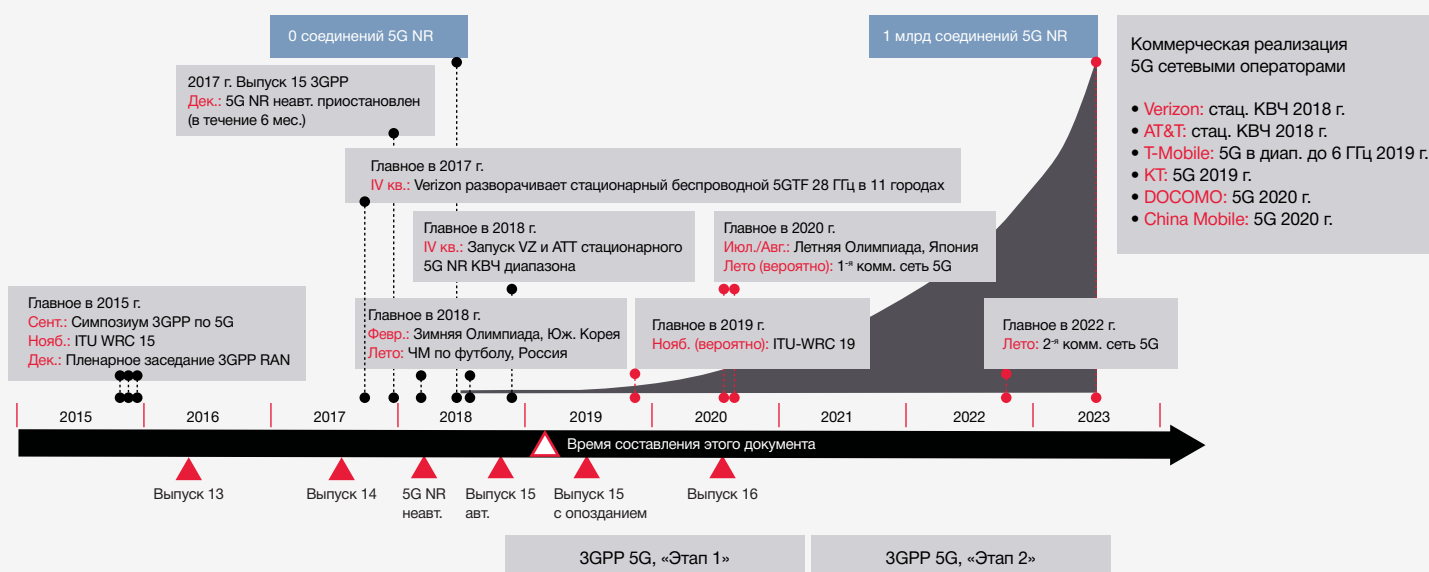


Рисунок 1. Ключевые вехи и основные даты развития 5G

Стандарты 5G продолжают развиваться. Утвержденный в декабре 2017 года выпуск 15 посвящен неавтономным системам (NSA), использующим сетевую инфраструктуру 4G Long Term Evolution (LTE). Автономный режим (SA), который не привязан к сети LTE, был утвержден в июне 2018 года. Технологии 5G предстоит еще во многом совершенствоваться – производителям абонентских устройств и базовых станций требуются перспективные платформы тестирования, которые останутся актуальными в течение следующих 5–10 лет.

## Эффективный рабочий цикл

Критически важным элементом стратегии производственного тестирования для производителей абонентского и сетевого оборудования 5G является использование результатов проделанной работы и данных, собранных на всех этапах – от разработки до производства. Этапы производства включают в себя внедрения нового продукта (NPI), начало выпуска и переход к крупносерийному производству (HVM). Оптимизация перехода от испытаний на соответствие стандартам к производственным испытаниям жизненно важна для прибыльности, объема выпуска и времени вывода на рынок.



### Проектирование и проверка

- Моделирование разработки
- Испытательный стенд миллиметрового диапазона
- Эмуляция сети и АО



### Испытания на соответствие стандартам

- Соответствие протоколу
- Измерение РЧ-характеристик и тестирование управления радиоресурсами
- Тестирование соответствия несущих



### Производственные испытания

- Калибровка
- Проверка радиочастотных характеристик



«Комплексные тестовые решения 5G от Keysight ускорили разработку и проверку наших новых проектов 5G на всех этапах рабочего процесса – от раннего создания прототипа до проверки проекта и производства изделия».

*Вунхэнь Хур*

*Вице-президент подразделения System LSI Protocol Development компании Samsung Electronic*

Ускорение рабочего процесс для более быстрого выхода на рынок

В прошлом тестирование протоколов в производственной среде было проблемой. Тестирование без сигнализации устраняет дорогостоящие накладные расходы, связанные с формированием сигнала, и увеличивает пропускную способность, сохраняя целостность теста. «Принятие на вооружение» общих элементов тестовой платформы необходимо для быстрого перемещения абонентского и сетевого оборудования по этапам рабочего процесса. Это также помогает контролировать стоимость тестирования в глобальном масштабе.



## Методы уменьшения сложности, времени и расходов

Проблемы: больше диапазонов и более широкие полосы = больше времени и расходов



Абонентские устройства и базовые станции должны поддерживать и старые, и новые диапазоны частот. Это увеличивает сложность проектирования и время испытаний.

5G New Radio (NR) охватывает широкий частотный спектр, разделенный на две части: от 410 МГц до 7,125 ГГц (FR1) и от 24,25 до 52,6 ГГц (FR2). Устройства могут работать в нескольких диапазонах в зависимости от регионов, в которых они будут продаваться. Диапазоны FR1 имеют нумерацию от 1 до 255, FR2 – от 257 до 511.

Доступны девять новых диапазонов для частот ниже 6 ГГц, которые не входят в спецификации 4G Long Term Evolution (LTE). Они предназначены для увеличения покрытия и пропускной способности, а также для решения проблемы нехватки частотного спектра для услуг 5G на низких частотах. Новые диапазоны миллиметровых волн предназначены для приложений с высокой пропускной способностью, использование которых стало возможным благодаря более широкой полосе канала, доступной в миллиметровом диапазоне.

Максимальная полоса канала увеличивается до 100 МГц на частотах до 6 ГГц и до 400 МГц для миллиметровых волн с возможностью еще большей ширины полосы за счет агрегации несущих. Более широкие полосы и большее количество диапазонов частот приводят к увеличению расходов. Требования к модулю вектора ошибок (EVM), неравномерности АЧХ и динамическому диапазону становятся более трудновыполнимыми. Существующее контрольно-измерительное оборудование не поддерживает такие полосы и диапазоны. Количество контрольных точек увеличивается. Требуются более дорогие безэховые камеры и оборудование для тестирования. Эти факторы увеличивают стоимость испытаний.



### Методы уменьшения сложности, времени и расходов

- Проблемы: увеличение числа диапазонов частот и расширение рабочей полосы
- Новые методы: использование ПЛИС, одновременное тестирование нескольких устройств, обработка данных в облаке и обеспечение согласованности измерений



Решения: новые методы включают обработку данных с помощью ПЛИС, одновременное тестирование нескольких устройств, облачные вычисления и лучшую согласованность испытаний.

	Описание
	<p>Ускоренные измерения помогают инженерам-испытателям быстрее завершить работу. Высокоскоростная обработка данных благодаря PXIe и выполнение измерений с помощью ПЛИС, в которых воплощен наш богатый опыт в области тестирования, приводят к значительному сокращению длительности тестов. Это увеличивает скорость тестирования во всех диапазонах мощности и частот для множества каналов и форматов радиосигналов при испытаниях базовых станций.</p>
	<p>Одновременное тестирование большего количества устройств сокращает время испытаний для производителей. С помощью решения EXM от Keysight производители могут тестировать до 32 устройств с помощью специального многопортового адаптера. Усовершенствованная последовательность тестирования и выполнение нескольких измерений за один захват также помогают увеличить пропускную способность и выход годных изделий.</p>
	<p>Обработка данных в облаке может помочь достичь чрезвычайно высокого уровня пропускной способности при тестировании. При типичном подходе испытательное оборудование собирает данные и последовательно обрабатывает результаты измерений. При «облачном» подходе вся вычислительная нагрузка ложится на облако. Критически важные вычисления теперь выполняются параллельно на более быстрых облачных серверах. Архитектура тестирования более эффективна, что увеличивает производительность измерений. Это также увеличивает интенсивность и гибкость использования средств измерений, позволяя производителям менять назначение испытательных станций.</p>
	<p>Использование одних и тех же алгоритмов измерений во всём рабочем процессе – от испытаний на соответствие стандартам до производства – помогает сократить время разработки. При этом инженеры более уверены в результатах своих измерений. Прослеживаемость данных вплоть до проекта ускоряет решение проблем в случае их возникновения.</p>



## Переоснащение для тестирования в миллиметровом диапазоне

До появления 5G коммерческая связь в основном работала на относительно низких частотах. Большая часть тестов выполнялась через кабельные соединения. Привлеченная незанятыми участками спектра в миллиметровом диапазоне, отрасль осваивает более высокие частоты. Переход на миллиметровые частоты требует от разработчиков АО и базовых станций применения различных специальных решений, например, фазированных антенных решеток. Но поскольку их тестирование с помощью проводных соединений невозможно, то испытания приходится проводить через радиоинтерфейс. Потери при тестировании по радиоэффиру на более высоких частотах значительно больше, чем при использовании прежних методов измерений.



*Тестирование по радиоэффиру в миллиметровом диапазоне является абсолютно новой задачей и создаёт новые проблемы для производителей абонентских устройств и сетевого оборудования.*

## Увеличение потерь ухудшает качество сигнала

Тестирование по радиоэффиру в миллиметровом диапазоне является абсолютно новой задачей и создаёт новые проблемы для производителей абонентских устройств и сетевого оборудования. Матричные коммутаторы и длинные кабели вызывают большие потери. Потери в атмосфере, высокие вносимые потери, а также хрупкие и дорогие соединители уменьшают динамический диапазон и ухудшают качество измерений.

Абсолютно необходимо точно компенсировать потери при распространении с помощью калибровки системы и уменьшения расстояния между тестируемым устройством (ТУ) и измерительными приборами. Выносные головки позволяют передавать по длинным кабелям сигнал меньшей мощности на более низкой частоте для уменьшения вносимых потерь при лучшей линейности фазочастотной характеристики и большей прочности разъемов. Дополнительное усиление в выносных головках также улучшает динамический диапазон.



На рис. 2 показано, как выносная приемопередающая головка миллиметрового диапазона уменьшает вносимые потери при тестировании по радиоэфиру.

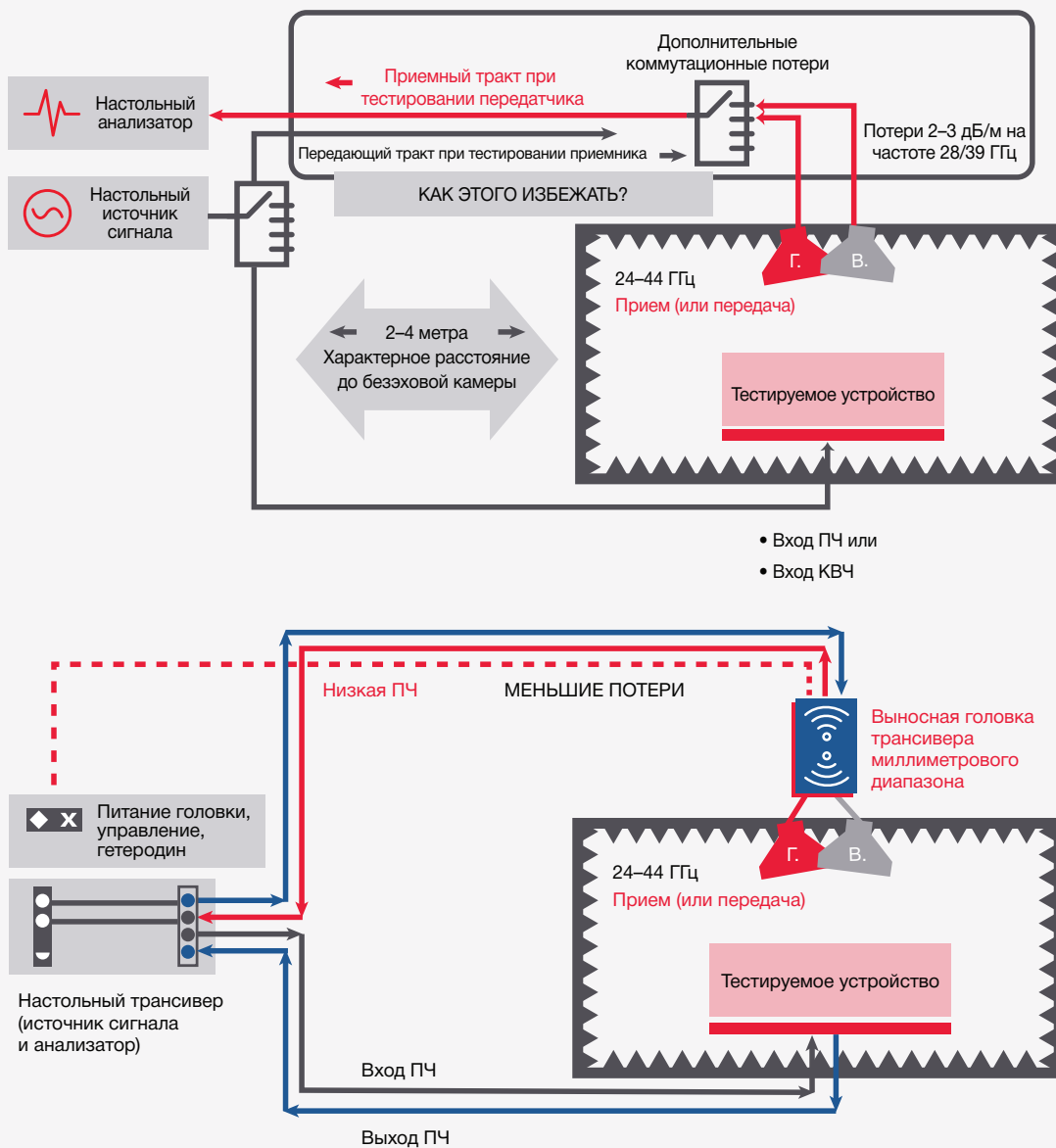


Рисунок 2. Схемы тестирования по радиоэфиру с выносной головкой и без неё

## Уменьшение занимаемой площади для снижения стоимости тестирования

Применение многопортовых испытательных систем высокой плотности значительно экономит площадь, занимаемую оборудованием для тестирования продукции 5G. Необходимость повышения производительности и потребность в большем количестве испытательного оборудования и безэховых камер предъявляют новые требования к производственному цеху. Эти факторы влияют на стоимость тестирования, поскольку на предприятиях подрядчиков обычно ценится каждый квадратный метр производственных площадей. Увеличение площади, занимаемой оборудованием для тестирования означает более высокие затраты на недвижимость или уменьшение производственных мощностей.

Масштабируемое оборудование для тестирования обеспечивает увеличение скорости измерений и экономию производственных площадей. Одновременное тестирование нескольких устройств помогает компенсировать увеличившуюся площадь, занимаемую измерительным оборудованием, а также сокращает время выхода на рынок. Обработка данных в облаке может еще больше ускорить процесс, позволяя создать систему тестирования высокой плотности и большой пропускной способности для крупносерийного производства.

В дополнение к одновременному тестированию нескольких устройств, при испытаниях АО и базовых станций 5G широко применяют многопортовые схемы и многоэлементные массивы MIMO. Масштабируемое многоканальное измерительное оборудование имеет решающее значение для тестирования базовых станций. Оно помогает производителям сетевого оборудования уменьшить площадь, занимаемую измерительным оборудованием, и стоимость тестирования. Масштабирование оборудования крайне необходимо для перехода от 4–8-канальных схем измерений устройств 4G к измерениям устройств 5G, требующих 16, 32, 64 и 128 каналов.





## Опередить всех на рынке 5G благодаря быстрому переходу от испытаний на соответствие стандартам к производственным испытаниям

Чтобы добиться успеха, производители абонентских устройств и сетевого оборудования 5G должны преодолеть проблемы, связанные с 5G NR, MIMO и миллиметровым диапазоном. Агрессивные цели развертывания сетей 5G по всему миру вызывают эффект домино во всей отрасли мобильной связи. Производители абонентских устройств и сетевого оборудования должны резко перестроиться с обеспечения максимального охвата продукции сценариями тестирования на минимизацию времени тестирования и ускорение выхода на рынок.

В условиях непрерывного развития стандартов решающее значение имеет гибкость производственных испытаний. Согласованность измерений играет важную роль для сокращения трудозатрат на разработку тестов и содействия сотрудничеству между участниками рабочего процесса.

Большее число радиодиапазонов и их комбинаций, а также более широкие полосы каналов увеличивают время и стоимость тестирования из-за большего количества контрольных точек. Имеющиеся в цехах производителей абонентских устройств и базовых станций приборы не могут работать с такими частотами и полосами. Они должны развернуть масштабируемые решения, чтобы минимизировать количество испытательного оборудования, необходимого для измерений на всех контрольных точках во всех диапазонах и полосах.

Использование миллиметрового диапазона также серьезно затрудняет производственное тестирование для производителей абонентского и сетевого оборудования. Они должны успешно перейти от проводных измерений к тестированию по радиозфиру и избавиться от потерь при распространении сигнала. Серьезную озабоченность также вызывают производственные площади. Требуются инновационные решения, позволяющие уменьшить площадь, занимаемую измерительным оборудованием, и снизить стоимость тестирования.

Для получения дополнительной информации о том, как решения Keysight могут помочь вам в решении проблем производственного тестирования оборудования 5G, посетите следующие веб-страницы:

- Информация о решениях для производства абонентского оборудования: [пройдите по ссылке](#).
- Информация о решениях для производства базовых станций и узлов: [пройдите по ссылке](#).
- Информация о решениях Keysight для 5G, [пройдите по ссылке](#).

Более подробная информация приведена на сайте [www.keysight.com](http://www.keysight.com)

Для получения дополнительной информации о продукции Keysight, прикладном программном обеспечении и предоставляемых услугах обращайтесь в Российское представительство компании Keysight Technologies. Полный перечень представительств приведен на сайте [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

