

ТЕХНОЛОГИЯ РОС и системы профессиональной радиосвязи

Часть 2

Е.Трифонов, директор по продажам ГК "ТРИАЛИНК" / e.trifonov@trialink.ru

doi

Рассказывается о технологии PoC (Push-To-Talk over Cellular), которая может успешно применяться в системах управления и безопасности наряду с существующими сетями профессиональной мобильной радиосвязи (ПМР). Приведен обзор основных особенностей PoC, в частности, возможностей выполнения вызовов РТТ через сотовые сети 3G/LTE или Wi-Fi. Изложены основные принципы работы таких сетей, их архитектура, описание отдельных элементов. Рассказано о возможности интеграции систем PoC между собой, с системами ПМР и с другими IT-решениями.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ РОС

К сожалению, пока не существует единого стандарта для систем PoC.

Сегодня разработкой стандартов, имеющих отношение к рассматриваемой технологии, занимаются несколько организаций.

В первую очередь это Партнерский проект 3GPP – консорциум, создающий спецификации для мобильной телефонии. В рамках развития технологии LTE еще в 2018 году в рамках релизов 13, 14 и 15 был разработан стандарт для систем MC РТТ (Mission Critical РТТ), которые относятся к PoC-системам. Системы MC РТТ предназначены для использования в ситуациях, когда связь должна гарантированно работать в условиях кризисной ситуации (природные, техногенные катастрофы, террористические атаки и т.д.), когда от ее надежности зависят жизни людей. В системах MC РТТ для подключения пользователей предполагается задействовать сети LTE, но управление такими сетями должно выполняться или соответствующим ведомством (например, полицией), или специальным оператором (не оператором сети общего пользования). Подчеркнем, что мировая практика строительства систем MC РТТ предполагает выделение

для создания таких систем отдельных частотных диапазонов.

В стандарте определены основные требования к функциональности системы и к интерфейсам. Стандарт предполагает возможность подключения используемых сегодня систем профессиональной радиосвязи (таких как TETRA или APCO25) к системам MC РТТ (на базе оборудования LTE) и постепенную миграцию абонентов систем ПМР в систему MC РТТ. Однако такая миграция может занять достаточно долгое время (несколько лет). В течение этого "переходного" периода предлагается использовать обе технологии (ПМР + PoC) в составе объединенной системы связи.

Внедрение систем MC РТТ осложняется высокой стоимостью оборудования, соответствующего данному стандарту, и проблемами с выделением специальных частотных диапазонов.

В области разработки стандартов технологии PoC работают также Альянс OMA (Open Mobile Alliance), занимающийся стандартизацией интерфейсов и разработкой приложений и Совет IETF (The Internet Engineering Task Force), специализирующийся на разработке протоколов обмена.

К сожалению, на сегодня протоколы обмена между сервером PoC и клиентским приложением на абонентском терминале не стандартизованы. В результате сервер PoC может работать только со "своими" клиентскими приложениями. Более того, крупные вендоры (такие как Motorola или Nuytera) не позволяют подключать к своим PoC-системам абонентские терминалы других производителей и не раскрывают внутренние протоколы обмена.

Не стандартизовано также управление кнопками PTT и дополнительными клавишами (Emergency, функциональные клавиши) на абонентских терминалах различных изготовителей, что затрудняет разработку клиентских PoC приложений и заставляет разработчиков адаптировать их для использования на новых моделях терминалов.

QoS в сетях PoC

Под Quality of Service (качеством обслуживания) в системах связи подразумевают не только качество звука при голосовом вызове. QoS означает в первую очередь гарантированное предоставление канала связи с заданными параметрами (пропускная способность или максимально допустимые задержки при передаче пакетных данных).

К сожалению, сети сотовых операторов строятся для обслуживания максимального количества абонентов в обычных "спокойных" условиях. Они не рассчитаны на работу в критических ситуациях, когда объем трафика (и голосового, и мобильного интернета) может многократно возрасти. В таких случаях сеть может или вообще перестать работать, или часть абонентов не смогут сразу получить канал связи при обращении к сети.

В сотовых сетях передача данных (мобильный интернет) имеет более высокий приоритет по сравнению с голосовыми вызовами. Поэтому можно надеяться, что PoC-вызовы будут работать даже при "сильно нагруженной" сотовой сети. Однако при высокой нагрузке на сеть будут возрастать задержки в передаче пакетов данных, что приведет к отказам в PoC вызовах. Именно поэтому в некоторых публикациях системы PoC, работающие через операторские сотовые сети, относят к классу Business Critical.

Системы связи служб охраны общественной безопасности (класса Mission Critical) должны гарантированно работать во всех ситуациях. Это возможно только, если сеть изначально планируется

на такую работу (заданы максимальная нагрузка на сеть, количество обслуживаемых абонентов, резервирование и т.д.). Подобным образом планируются и строятся выделенные сети связи полиции и других силовых ведомств. Тут не важно, какая технология используется - ПМР, PoC или что-то другое. При таком подходе можно обеспечить требуемый уровень QoS, но стоимость таких сетей и, особенно, стоимость подключения одного абонента к сети оказывается очень высокой.

СКОРОСТЬ УСТАНОВЛЕНИЯ ВЫЗОВА В СЕТЯХ PoC

Системы PoC изначально создавались как альтернатива системам профессиональной радиосвязи, в которых обеспечивается скорость соединения менее 1 с (по стандарту TETRA - не более 300 мс). Соответственно, заказчики, имеющие опыт работы в сетях ПМР, ожидают, что в системах PoC скорость установления вызова будет сопоставима со скоростью в сетях радиосвязи (т.е., не более 1 с).

И современные PoC системы такую скорость обеспечивают. При этом различают скорость установления вызова (первое нажатие клавиши PTT) и скорость переключения в ходе разговора, когда два абонента по очереди нажимают клавишу PTT и говорят. Обычно наибольшие задержки наблюдаются при установлении вызова (первое нажатие). Это связано с тем, как работает на абонентском терминале клиентское приложение. Поскольку большая часть абонентских PoC-устройств работают под управлением ОС Android, то задержки в вызове напрямую зависят от настроек Android и того, как на конкретный телефон установлено клиентское приложение. Android, как известно, стремится максимально экономить расход заряда батареи. Для этого приложения на телефоне переводятся в "спящий режим". Выход PoC-приложения из "спящего режима" требует времени, и это может быть причиной заметной задержки.

Если клиентское приложение на смартфоне постоянно активно, то оно реагирует быстрее. Но при этом постоянно будет расходоваться заряд батареи. Не всегда удастся установить клиентское приложение на конкретный смартфон желательным образом (чтобы обеспечить минимальные задержки, поэтому важно, чтобы оно устанавливалось или вместе с ОС (на заводе-изготовителе), или с учетом работы конкретной "сборки" Android на данном смартфоне.

К другим факторам, влияющим на скорость установления вызова в системе PoC относятся протокол обмена между сервером и абонентским устройством и тип используемого кодека. И протокол обмена, и кодек в системах PoC не стандартизованы. Поэтому в различных таких системах можно наблюдать разные задержки установления вызова. Различные протоколы обмена и кодеки являются также причиной, по которой нет совместимости между сервером PoC и клиентскими приложениями от разных производителей.

Дополнительные возможности сетей PoC

Как отмечалось выше, системы PoC обеспечивают голосовые вызовы различных типов (индивидуальные, групповые, экстренные).

Кроме этого большинство представленных на рынке систем имеют диспетчерское приложение, позволяющее оперативно контролировать и управлять работой абонентов. Диспетчер имеет возможность прослушивать голосовые вызовы (индивидуальные и в группах), вызывать абонентов или группы или подключаться к уже идущему разговору.

Диспетчер видит статус абонентов (в сети/не в сети) и, как правило, может видеть расположение абонентов на электронной карте (экране монитора). При этом используются возможности GPS/ГЛОНАСС (модули позиционирования есть практически во всех абонентских терминалах). Кроме того, некоторые системы PoC имеют возможность позиционирования внутри помещений (indoor). Эта функция требует наличия специальных датчиков (beacons) внутри помещения.

Многие диспетчерские системы PoC-сетей обладают функцией динамического образования групп, в том числе с помощью выделения абонентов на цифровой карте.

Большинство решений PoC имеет функцию записи переговоров и других событий в системе с возможностью их последующего прослушивания. Многие терминалы оснащены камерами, что позволяет передавать в системах PoC фото и видео. В случае их работы через сети LTE обеспечиваются скорости передачи данных, дающие возможность передавать видео в высоком разрешении. В отдельных системах PoC реализованы дополнительные функции безопасности (такие как "одинокый работник", map down и др.), используемые в некоторых сетях ПМР. Таким образом, с учетом дополнительных функций PoC сеть предоставляет пользователю гораздо больше возможностей, чем просто голосовая связь.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ PoC в РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ

Системы PoC могут применяться в областях, традиционных для сетей ПМР – таких как охрана общественной безопасности, транспорт, энергетика, промышленность и др. Несмотря на то, что, как отмечалось ранее, такие системы, работающие через операторские сети 3G/LTE, нельзя отнести к классу Mission Critical, даже в таких ведомствах, как полиция, далеко не все сотрудники выполняют задачи данного класса. Административные сотрудники, чья работа не связана с риском для жизни, вполне могут пользоваться системой PoC, постоянно находясь на связи с руководством и коллегами. А использование таких систем в коммерческих организациях позволит значительно сократить расходы на систему связи и управления в сравнении с "классической" ПМР.

Поскольку системы PoC имеют богатый набор функций, можно говорить о более широком их применении. Они могут использоваться вместе с другими IT-решениями, расширяя их функционал и открывая путь к созданию комплексной системы управления или безопасности.

ИНТЕГРАЦИЯ СЕТЕЙ PoC и ПМР

Системы PoC могут быть связаны с существующими сетями ПМР (как цифровыми так и аналоговыми). Для этого используются специальные шлюзы. В случае объединения сетей PoC и ПМР становятся возможными вызовы между этими сетями и даже создание смешанных групп абонентов, в которые входят абоненты обеих сетей.

Шлюз обычно представляет собой ПО или программно-аппаратный комплекс, позволяющий коммутировать каналы сетей PoC и ПМР. Подключение шлюза к сети ПМР возможно или напрямую к инфраструктуре сети ПМР (если известны внутренние протоколы передачи данных в конкретной сети), или через "донорскую" абонентскую радиостанцию ПМР (это самый простой технически способ подключения).

Хотя подключение шлюза через донорскую радиостанцию реализовать легче, но при этом неизбежно возникают дополнительные задержки при вызове из сети PoC в сеть ПМР и обратно. В этом случае также нельзя обеспечить полный функционал для совместной работы абонентов обеих сетей. Таким образом, подключение через донорскую радиостанцию дает возможность работы двух сетей вместе, но не позволяет говорить о создании единой сети связи. Кроме

того, подключение через одну радиостанцию дает только один канал связи между системами. Если нужно связать две сети большим числом каналов, потребуется использовать соответствующее количество шлюзов и "донорских" радиостанций.

При подключении шлюза напрямую к инфраструктуре ПМР можно добиться создания одной объединенной сети. Однако, повторимся, это возможно, только имея информацию о внутренних протоколах передачи данных в инфраструктуре ПМР. Производители же инфраструктуры не раскрывают их. В связи с этим примеры реализации данного подхода есть только у компаний, производящих и оборудование ПМР, и решения PoC.

Важно чтобы после объединения систем PoC и ПМР появилась возможность не только создавать и работать в смешанных группах, но и использовать для работы общее диспетчерское приложение. Единый диспетчер с полным набором функций для абонентов PoC и ПМР возможен в случае объединения систем на уровне инфраструктуры.

Задача интеграции систем PoC и ПМР очень актуальна, поскольку совместное использование двух указанных технологий может дать большие преимущества (в частности, симбиоз надежности на территории покрытия ПМР и большой зоны охвата вместе с широкими возможностями скоростной передачи данных, в том числе живого видео, через систему PoC). Совместное использование систем PoC и ПМР также позволяет говорить о постепенном, эволюционном переходе от традиционных систем голосовой связи к новым IT-решениям на базе современных сетей связи.

Интеграция систем PoC с другими IT-приложениями

Система PoC сама по сути является IT-решением. Таким образом можно говорить о интеграции двух различных IT-решений.

Сегодня на рынке появилось большое количество самых разнообразных IT-систем, поддерживающих мобильного абонента. В качестве абонентского устройства при этом используются смартфоны или планшеты. Эти же устройства могут работать как абонентские в системе PoC (при установке на них соответствующего клиентского приложения). Таким образом, даже без объединения IT-решения и системы PoC пользователь получает универсальный терминал, позволяющий работать в специальном IT-решении и обеспечивающий возможность экстренной голосовой связи.

В случае если компания использует сеть ПМР, внедрение IT-решений потребует наличия у сотрудника двух устройств: радиостанции и смартфона или планшета. Переход на технологию PoC позволит сотруднику работать с одного универсального абонентского устройства.

Еще больше преимуществ может дать добавление функций PoC в специализированное IT-решение. В этом случае у пользователя будет одна единая IT-система (имеющая большой функционал, включая возможности голосовой связи). Такой подход возможен при интеграции сервера PoC в специализированное IT-решение и при разработке клиентского приложения, имеющего различные функции, включая РТТ -связь. Конечно, для интеграции IT-решения и PoC требуется взаимодействие разработчиков двух этих систем.

Надежность работы систем PoC и частные сети

Надежная работы системы PoC, в том числе, в кризисной ситуации возможна при использовании частной сети (сети принадлежащей и управляемой самим пользователем). При таком подходе, как отмечалось выше, можно говорить об обеспечении QoS необходимого уровня, тогда как операторские сети 3G/LTE не гарантируют заданного QoS. Выходом может быть создание частной сети LTE (private LTE). Примеры строительства таких сетей есть как за границей, так и в России.

Следует отметить что для работы сети LTE требуется разрешение на использование необходимых полос частот. Частотные диапазоны сетей LTE определены самим стандартом. В России сети LTE в основном строятся на диапазонах, принятых для Европы. В ряде стран регуляторы предусмотрели наличие свободного частотного диапазона для развития сетей LTE, обслуживающих структуры охраны общественной безопасности. В России пока таких "зарезервированных" для сетей private LTE диапазонов нет. Имеющийся частотный ресурс распределен между сотовыми операторами (в том числе и диапазон 450 МГц (B31), о котором говорится в части 1 данной статьи).

Однако это не означает что строительство частных сетей LTE в России невозможно. Все крупные российские сотовые операторы предлагают заказчикам построить сеть private LTE на частотах, согласованных регулятором для работы данного оператора. Как правило, речь идет о развертывании сетей технологической связи в удаленных

Таблица 2. Сравнение возможностей сетей PoC и PMP

	Сети PMP	Сети PoC
Инфраструктура сети		
Тип сети	Собственная специальная сеть PMP	Операторская или собственная сеть 3G/LTE или Wi-Fi
Затраты на строительство и содержание сети	Высокие. Требуется строительство и содержание (как правило сеть принадлежит пользователю)	При работе через сеть оператора на инфраструктуру затрат нет. Затраты на SIM-карты оператора невысокие.
Надежность	Высокая (контролируется заказчиком при проектировании, строительстве и эксплуатации)	Средняя (зависит от надежности работы операторской сети 3G/LTE) или высокая (в случае собственной сети Wi-Fi или LTE)
Абонентские устройства		
Тип	Радиостанции носимые, мобильные	Специальные терминалы (радиостанции) или смартфоны/планшеты (в том числе защищенные)
Дизайн	Прочные, защищенные	Различный (типа радио или смартфон)
Клавиша РТТ	ЕСТЬ	ЕСТЬ – физическая или виртуальная (в обычных смартфонах)
Возможность работы без сети	ЕСТЬ	НЕТ
Наличие специальных устройств	НЕТ	ЕСТЬ, видеорегистраторы, фонари с функцией РТТ

	Сети PMP	Сети PoC
Функции РТТ		
Клавиша РТТ	Есть во всех радиостанциях	Есть во всех терминалах типа «радиостанции» и защищенных смартфонах, в обычных смартфонах и планшетах – «виртуальная» кнопка РТТ на экране
Кнопка «Экстренный вызов»	Есть во всех радиостанциях	Есть во всех терминалах типа «радиостанции» и в большинстве защищенных смартфонов
Связь в группе одним нажатием клавиши РТТ	ЕСТЬ	ЕСТЬ
Скорость соединения	Высокая	Высокая (сравнима с PMP)
Поддержка функций геопозиционирования	ЕСТЬ в цифровых радиостанциях PMP	ЕСТЬ
Выбор абонентских радиостанций	ЕСТЬ (ограниченный для цифровых радиостанций)	ЕСТЬ, большой
Аксессуары		
Выбор аксессуаров	Широкий, самые различные аксессуары для носимых и мобильных радиостанций	Широкий, терминалы типа «радио» позволяют использовать аксессуары для носимых и мобильных радиостанций
Беспроводное подключение аксессуаров	Есть для радиостанций с встроенным модулем Bluetooth	ЕСТЬ. Смартфоны и большинство терминалов типа «радио» имеют встроенный модуль Bluetooth

	Сети ПМР	Сети РоС
Дополнительные функции		
Возможность передачи данных	ЕСТЬ в цифровых сетях ПМР. Скорость передачи невысокая	ЕСТЬ. Скорость передачи высокая (технология широкополосного доступа)
Возможность передачи живого видео	НЕТ	ЕСТЬ (в том числн в высоком качестве)
Возможность передачи фото	ЕСТЬ (низкая скорость передачи)	ЕСТЬ (в том числн в высоком качестве)
Возможность передачи данных	ЕСТЬ (низкая скорость передачи)	ЕСТЬ
Диспетчерские приложения	ЕСТЬ	ЕСТЬ
Возможность работы с электронными картами	ЕСТЬ в цифровых сетях ПМР	ЕСТЬ
Возможность запись переговоров	ЕСТЬ в цифровых сетях ПМР (требуется дополнительное оборудование)	ЕСТЬ (обычно входит в стандартное решение)
Возможности интеграции с другими системами		
Интеграция с системами РоС	ВОЗМОЖНА для цифровых систем ПМР, с большими ограничениями и только самим производителем ситсемы ПМР	ВОЗМОЖНА с ограничениями и только самим производителем системы РоС
Интеграция с системами ПМР	ВОЗМОЖНА с большими ограничениями и только самим производителем ситсемы ПМР	ВОЗМОЖНА только самим производителем ситсемы РоС
Интеграции с IT-решениями	Возможность очень ограничена и только для цифровых систем ПМР	ВОЗМОЖНА
Выход в телефонные сети ТФОП	ЕСТЬ	ЕСТЬ

районах, за пределами крупных городов – там, где у оператора нет своей коммерческой сети LTE.

Сеть LTE состоит из ядра системы (Core) и базовых станций. В отдельных случаях сотовые операторы предлагают заказчику купить собственные базовые станции LTE и подключить их к своему ядру. По сути такую систему нельзя считать частной на 100%, поскольку ее работа зависит от ядра, находящегося у оператора связи. Полностью независимой частная сеть будет, если и ядро сети и БС принадлежат заказчику и полностью им контролируются. Но учитывая высокую стоимость ядра, затраты на такую сеть будут достаточно высокими.

Строить частную сеть LTE лишь для работы системы РоС экономически не оправдано. Такая сеть может обеспечить надежное функционирование не только системы РоС (голосовая связь и дополнительные функции), но и работу различных IT-приложений, таких как ERP-системы, системы безопасности, искусственный интеллект, Промышленный Интернет вещей (IIoT). Внедрение сети private LTE позволяет получить комплексное решение, частью которого может быть система РоС.

Важно отметить, что в ряде случаев частную сеть с использованием технологии РоС можно построить на базе Wi-Fi. Технология WLAN (Wi-Fi) существует много лет, но продолжает развиваться. Так, новый вариант стандарта – Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) позволяет в тех же частотных диапазонах, открытых для использования в России (2,4 и 5 ГГц) значительно увеличить скорость передачи данных и количество поддерживаемых абонентских устройств. Создание пользователем собственной сети Wi-Fi позволяет построить частную сеть, включающую решение РоС и имеющее необходимый уровень надежности. Стоимость такой сети будет относительно невысокой, при этом не потребуются оплачивать оператору предоставленный частный ресурс и трафик мобильного интернета.

РОССИЙСКИЕ РАЗРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ РОС

В России на данный момент есть несколько собственных решений в области платформ РоС. Статус отечественных разработок официально подтвержден включением данных решений в Реестр российского ПО Минцифры России. Есть также примеры программно-аппаратных комплексов сервера РоС, полностью разработанного и производимого в России. Это позволяет говорить о возможности использования данных систем государственными заказчиками, которые следуя общей политике в области цифровой трансформации переходят на использование только российских продуктов.

Несколько сложнее ситуация с абонентскими терминалами PoC. Выше упоминалось о наличии на рынке смартфонов и планшетов российского производства, работающих под управлением отечественной защищенной ОС "Аврора". К сожалению, автору пока не известно о PoC-терминалах типа "радиостанция" включенных в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции. Можно надеяться что такие терминалы появятся в будущем.

Следует добавить что для полной информационной безопасности в области PoC-терминалов (а также смартфонов и планшетов) нужно обеспечить использование в данных устройствах, кроме российской ОС "Аврора" отечественного чипсета, а также кодека, имеющего статус российского ПО. Их появление – это также перспектива будущего.

Преимущества использования сети PoC

Как уже отмечалось выше, использование технологии PoC имеет ряд преимуществ. В случае работы через сотовую сеть оператора это в первую очередь невысокая стоимость развертывания и содержания сети, большая зона охвата, простота настройки и запуска, а также возможность оптимизировать и контролировать капитальные и операционные расходы. Кроме того работа через операторские сети 3G/LTE или через сети Wi-Fi не требует получения никаких специальных разрешений и лицензий (в том числе разрешения на использование радиочастот, что особо непросто для мегаполисов).

При этом пользователь получает систему, имеющую все функции, традиционные для сетей ПМР, а также дополнительные функции, основанные на скоростной передаче данных (технология ШПД), в частности, возможности передавать живое видео с высоким качеством.

Широкий выбор абонентских терминалов для работы в сетях PoC, включая как терминалы типа "радиостанция", так и смартфоны и планшеты, в том числе защищенные, открывает перед сетями PoC большие перспективы. Профессиональным пользователям доступен также широкий выбор самых различных аксессуаров для абонентских терминалов.

Системы PoC могут быть интегрированы как с существующими сетями ПМР, так и с другими IT-решениями, что особенно важно в случае выполнения программ цифровой трансформации, реализуемых сейчас многими компаниями и организациями в России.

Возможности построить собственные (выделенные) сети PoC на базе private LTE или сетей

Wi-Fi, а также резервирования основных элементов сети позволяет получить систему с необходимым уровнем надежности, способную работать в самой сложной ситуации.

Выводы

Возникнув как дешевый аналог систем ПМР, предназначенный сначала для использования в коммерческих компаниях, технология PoC, получила серьезное развитие вместе с прогрессом сотовых сетей 3G, LTE и новыми протоколами стандарта Wi-Fi, обеспечивающими высокоскоростную передачу данных и поддержку большого количества абонентских устройств.

Новый импульс дальнейшему развитию систем PoC даст внедрение сетей 5G, а также бурный рост решений в области Интернета вещей. По оценкам независимых маркетинговых компаний в ближайшие 6-8 лет в мире ожидается рост количества абонентов систем PoC на уровне около 10% в год.

Хотя в России широкого использования систем PoC пока нет, большинство традиционных пользователей систем ПМР (охрана общественной безопасности, транспорт, энергетический сектор, промышленность и коммерческие компании) проявляют реальный интерес к технологии PoC в том или ином варианте (начиная от систем MC PTT и до небольшой системы PoC на базе собственной сети Wi-Fi) и тестируют данные системы.

Системы PoC неправильно рассматривать как прямую замену существующих сетей ПМР. У обеих технологий есть свои особенности и преимущества. Наилучших результатов можно добиться, используя системы ПМР и PoC вместе и интегрировав их между собой.

Системы PoC также могут быть успешно интегрированы с различными IT-решениями. При этом защищенные смартфоны или планшеты с клавишей PTT будут работать как универсальные средства коммуникации, обеспечивая функции экстренной голосовой связи и работу с различными IT-приложениями, предоставляя абонентам полную мобильность. Внедрение систем PoC в комплексе с другими IT-решениями позволит включить функции голосовой технологической связи в процесс цифровой трансформации, что сложно или невозможно осуществить с сетями ПМР.

Внедрение имеющихся российских разработки в сфере технологии PoC позволяет обеспечить информационную безопасность и переход заказчиков из государственного сектора на отечественные продукты. ■

