

Проблемы и ограничения применения в коммерческой деятельности на территории Российской Федерации УВЧ RFID технологий

В данной статье рассматриваются проблемы, связанные с применением RFID технологии стандарта EPC Global Gen2 (ISO 18000-6C) в коммерческой деятельности на территории Российской Федерации с учётом требований законодательства и регулирующих органов власти.

О технологии

Технология радиочастотной идентификации (RFID) в УВЧ диапазоне используется во всём мире как уникальный инструмент массовой идентификации объектов вне прямой видимости от считывающих устройств на расстояниях до 10 м со скоростями идентификации до 1000 уникальных объектов в секунду. Эти свойства технологии RFID открывают новые возможности в таких отраслях как логистика, производство, ритейл. Большой объём памяти идентификаторов (RFID меток), позволяет применять их на государственном уровне для защиты товаров от подделки и учёта продукции, облагаемой акцизом, например, в недавно реализованном государственном проекте по обязательной маркировке меховых изделий.

В настоящее время RFID маркировка активно применяется для маркировки одежды и обуви, для учета основных средств предприятий и организаций в интересах быстрой и эффективной инвентаризации, в железнодорожном транспорте для отслеживания перемещений вагонов, для учета оборотной тары, в системах контроля доступа и отслеживания посетителей.

В ближайшей перспективе на государственном уровне планируется внедрение акцизных марок с RFID меткой для экспортной древесины, обуви, трубопрокатной продукции и других товаров, производимых в России.

О законах и стандартах

С одной стороны, ограничений для ввоза RFID оборудования УВЧ диапазона на территорию РФ нет: оборудование свободно ввозится в страну. С другой стороны, существует ряд законодательных ограничений со стороны регулятора – Государственного комитета по радиочастотам (ГКРЧ) в части его применения.

Для отражения сути проблемы обратимся к [решению ГКРЧ № 07-20-03-001 от 07.05.2007](#). В нём введено понятие устройства радиочастотной идентификации:

«Устройства радиочастотной идентификации – это устройства малого радиуса действия, предназначенные для передачи данных в соответствующие «метки» и получение данных вручную или машинным способом». Также в этом решении определены следующие частоты:

Радиочастота	Технические характеристики			Разнос каналов	Дополнительные условия использования
	Наименование	Значение	Размерность		
866,6-867,4 МГц	ЭИМ Гармонизированный стандарт	100 EN 302 208	мВт	200 кГц	Не требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов при: а) использовании режима LBT*, и б) использовании в пределах аэропортов
866-868 МГц	ЭИМ Гармонизированный стандарт	500 EN 302 208	мВт	200 кГц	Требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов в установленном порядке.
866,0-867,6 МГц	ЭИМ Гармонизированный стандарт	2 EN 302 208	Вт	200 кГц	Требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов в установленном порядке

Далее, на заседании ГКРЧ от 10 марта 2011 г. (протокол № 11-11), отдельно для технологии RFID принято решение о выделении полосы радиочастот 916 -921 МГц для устройств радиочастотной идентификации (RFID) (решение ГКРЧ № 11-11-01-3, таблица №2)

Таблица № 2

Радиочастота	Технические характеристики			Разнос каналов	Дополнительные условия использования
	Наименование	Значение	Размерность		
916-921 МГц	Максимальная ЭИМ	0	дБВт	1,2 МГц	Запрещается использование излучающего устройства вне закрытых помещений. Центральные радиочастоты: 916,2 МГц; 917,4 МГц; 918,6 МГц; 919,8 МГц.

Из указанных выше решений ГКРЧ следует, что для работы излучающих RFID устройств, где не требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов, возможно использовать 5 радиочастот: 866,6 МГц, 866,8 МГц, 867,0 МГц, 867,2 МГц, 867,4 МГц с эффективной излучаемой мощностью не более 100 мВт.

Из таблицы № 2 следует, что государственной радиочастотной комиссией были дополнительно выделены полосы радиочастот: 916,2 МГц; 917,4 МГц; 918,6 МГц; 919,8 МГц с эффективной излучаемой мощностью 1 Вт. Но вместе с тем, для использования в данном диапазоне радиочастот излучающих RFID устройств вне закрытых помещений необходимо получать специальное индивидуальное разрешение в ГКРЧ на их использование, что ограничивает возможные применения RFID решений.

Согласно европейскому стандарту ETSI TR 102 436 V2.1.1, в нижней полосе частот UHF диапазона (865 – 868 МГц) регламентировано 4 канала. Распределение каналов

представлено на рисунке 1. Ширина полосы пропускания каждого канала составляет 200 кГц, а центральные частоты каналов располагаются на частотах 865,7 МГц; 866,3 МГц; 866,9 МГц и 867,5 МГц соответственно. Эффективная излучаемая мощность может достигать до 2 Вт.

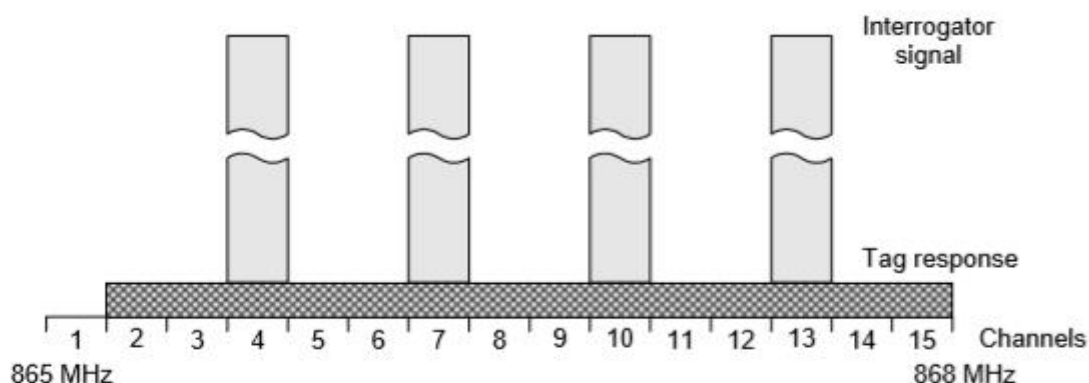


Рисунок 1. Диаграмма распределения каналов

Ограничивающей энергетической характеристикой передатчика считывателя является **эквивалентная излучаемая мощность** (ЭИМ, англ. E. R. P.), которая может быть рассчитана по формуле:

$$ERP = P \cdot Ga, \quad (1)$$

где:

P - мощность, подаваемая на вход антенны, с учётом потерь в фидере [Вт],

Ga – коэффициент усиления антенны [б/р].

Данные характеристики уже заложены производителями RFID устройств в продукцию, которая закупается в Европейском Союзе, Китае и завозится на территорию Российской Федерации без переделок и ограничений по частоте и мощности. Так как объём поставок на наш рынок невелик, надзор за выполнением требований законодательства относительно слаб, и, как результат, создание отдельных “русских” прошивок считается нецелесообразным западными и китайскими производителями.¹

Рассмотрим на какие свойства систем и устройств RFID влияют регламентируемые законодательством излучаемая мощность радиосигнала, количество частотных каналов и их плотность.

Мощность радиопередатчика и, соответственно, мощность излучаемого радиосигнала считывателем RFID меток влияет в первую очередь на дальность считывания (один из основных параметров УВЧ RFID устройств и систем), а также на проникающую способность электромагнитного зондирующего поля в массив меток и в материалы, окружающие RFID метки. Чем мощность передатчика выше, тем на большем расстоянии от антенн считывателя мы можем обнаружить RFID метку и тем более сложными, с точки зрения электромагнитной проницаемости, могут быть промаркированные объекты, тем глубже проникает зондирующее поле в материалы, внутри которых могут находиться RFID метки.

¹ Тем не менее, в практике RFID центра встречались производители и устройства RFID с прошивками для России, но только отчасти выполняющие требования ГПРЧ.

Количество частотных каналов и их частотный разнос влияет на эффективность работы сложных RFID систем, состоящих из двух и более считывателей. Большое количество радиочастотных каналов позволяет создавать гибкие частотные планы для более эффективного функционирования RFID системы. Физические принципы устройства RFID считывателя (смотрите “синхронный детектор” или “синхронная детекция”) таково, что при очень высокой избирательности в рабочей полосе частот, он крайне чувствителен к широкополосным помехам, создаваемым соседними считывателями, поэтому крайне необходимо иметь возможность гибко оперировать частотами для повышения эффективности RFID системы. Кроме того, возможность перестройки по частоте в максимально широком диапазоне частот позволяет снизить негативное влияние интерференции зондирующего электромагнитного поля.

Из приведенных данных следует, что частоты европейского стандарта лишь частично подходят для использования на территории России в рамках следующих вариантов:

- с ЭИМ до 100 мВт, при работе без разрешительных документов со стороны ГКРЧ доступен только 1 частотный канал - 866,9 МГц;
- с ЭИМ до 500 мВт и до 2 Вт потребуется разрешительный документ (присвоение радиочастот) будут доступны уже 3 канала: 866,3; 866,9; и 867,5 МГц;
- частотный канал 865,7 при этом не доступен в любом случае, так как на этой частоте функционирует специальное оборудование одной из спецслужб России.

Спектрограммы зондирующего радиосигнала RFID считывателя Impinj R420 с учетом ограничений ETSI и ГКРЧ приведены на рисунках 4 и 5 в следующем разделе.

Исследование

С целью определения качества применения технологии радиочастотной идентификации специалистами Испытательной лаборатории по параметрам ЭМС (электромагнитной совместимости) и специалистами отдела радиочастотной идентификации (RFID центра) АО «ИМЦ Концерн «Вега» были проведены соответствующие исследования, результаты которых приведены ниже.

Просим обратить внимание на то, что исследования проводились в аккредитованной лаборатории, внутри экранированной камеры. Проведение данного вида работ в открытом пространстве и неэкранированных помещениях является радиохулиганством и ведёт к административному правонарушению (КОАП от 30.12.2001 №195-ФЗ в ред. от 27.06.2018, статья 13.3 “Самовольные проектирование, строительство, изготовление, приобретение, установка или эксплуатация радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств”).

В ходе этих исследований было проведено изучение эффективности функционирования системы радиочастотной идентификации с учетом ограничений ETSI и ГКРЧ. Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 2.

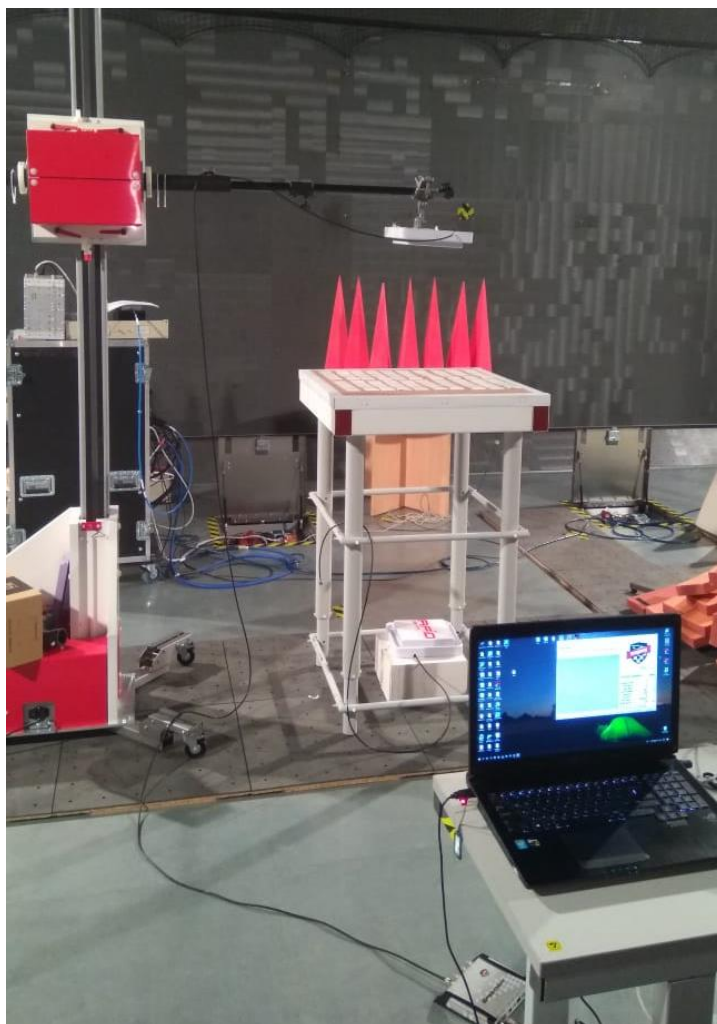
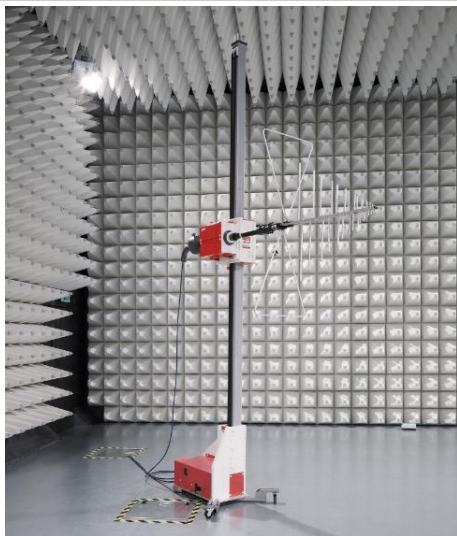


Рисунок 2. Экспериментальная установка для исследования эффективности системы RFID.

Применяемое оборудование

Наименование	Внешний вид	Функциональные особенности
Считыватель IMPINJ Speedway Revolution R420		Стационарный радиочастотный считыватель, предназначенный для автоматизации производственных и логистических объектов. Считыватель IMPINJ Speedway Revolution R420 обладает следующими основными параметрами: • Выходная мощность: +31,5 дБмВт • 4 канала для подключения антенн • 4 GPIO канала • Подключение Ethernet • Возможность питания как через порт +24 В, так и через порт Ethernet (POE+)

Feig Electronics U270/270		Антенна для верхнего расположения (на трубостойках в порталах) • Тип поляризации - круговая • Коэффициент направленного действия 9 dBiс • КСВ в рабочем диапазоне не хуже 1,3
Наименование	Внешний вид	Функциональные особенности
Кабель TNC(RP) - SMA, 5 м	-	Кабельная сборка для подключения антенн к считывателю. Изготавливается на основе коаксиального кабеля RG58, LMR200 или LMR400.
Радиометка Trace TH44		размер: 45 x 45 мм Микросхема Impinj Monza 4 Дальность считывания стандартная до 8 м
Анализатор спектра Rohde & Schwarz FSH8		Диапазон частот от 9 кГц до 8 ГГц Высокая чувствительность (< -141 дБмВт (1 Гц), с предусилителем < -161 дБмВт (1 Гц)) Полоса демодуляции 20 МГц для анализа сигналов LTE
Автоматическая антенная мачта Frankonia FAM2-4		Диапазон установки высоты от 0,9 до 4 м Точность установки высоты ±5 мм Двухпозиционное изменение поляризации Время изменения поляризации 6 секунд

Метки располагались на диэлектрической столешнице со сторонами 700х700 мм. Пример расположения меток показан на рисунке 3. Удаление меток до антенны считывателя составило 1 м.

Управление считывателем осуществлялось с использованием программного обеспечения Impinj MultiReader for Speedway Gen.2 RFID.

Экспериментальная установка располагалась в безэховой экранированной камере. Расстояние от столешницы с метками до стен камеры составило 3 м.



Рисунок 3. Расположение меток во время эксперимента.

В таблице 3 приведена расчетная максимально допустимая мощность передатчика считывателя с учетом потерь в фидере при использовании антенны с коэффициентом усиления 8 дБи. КСВ используемого антенно-фидерного тракта достаточно низок (составляет 1,23 - 1,25 на несущих частотах RFID считывателя, рисунок 6) и вносит незначительное снижение излучаемой мощности, следовательно, им можно пренебречь.

Таблица 3

Эквивалентная излучаемая мощность, мВт	Мощность на входе антенны, дБмВт	Мощность передатчика считывателя, дБмВт
100*	12	13.5
1000	22	23.5
2000**	25	26.5

- * - допустимо по ГКРЧ;
- ** - допустимо по ETSI.

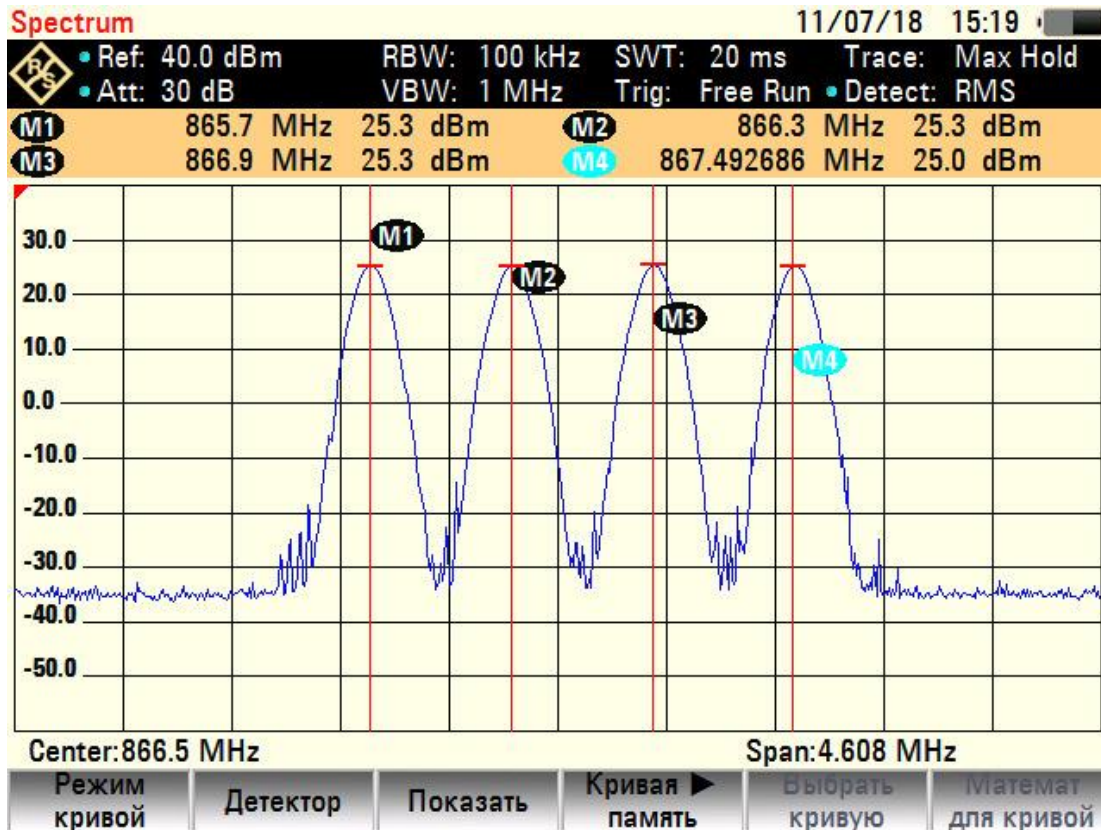


Рисунок 4. Спектрограмма зондирующего сигнала считывателя с учетом ограничений ETSI.

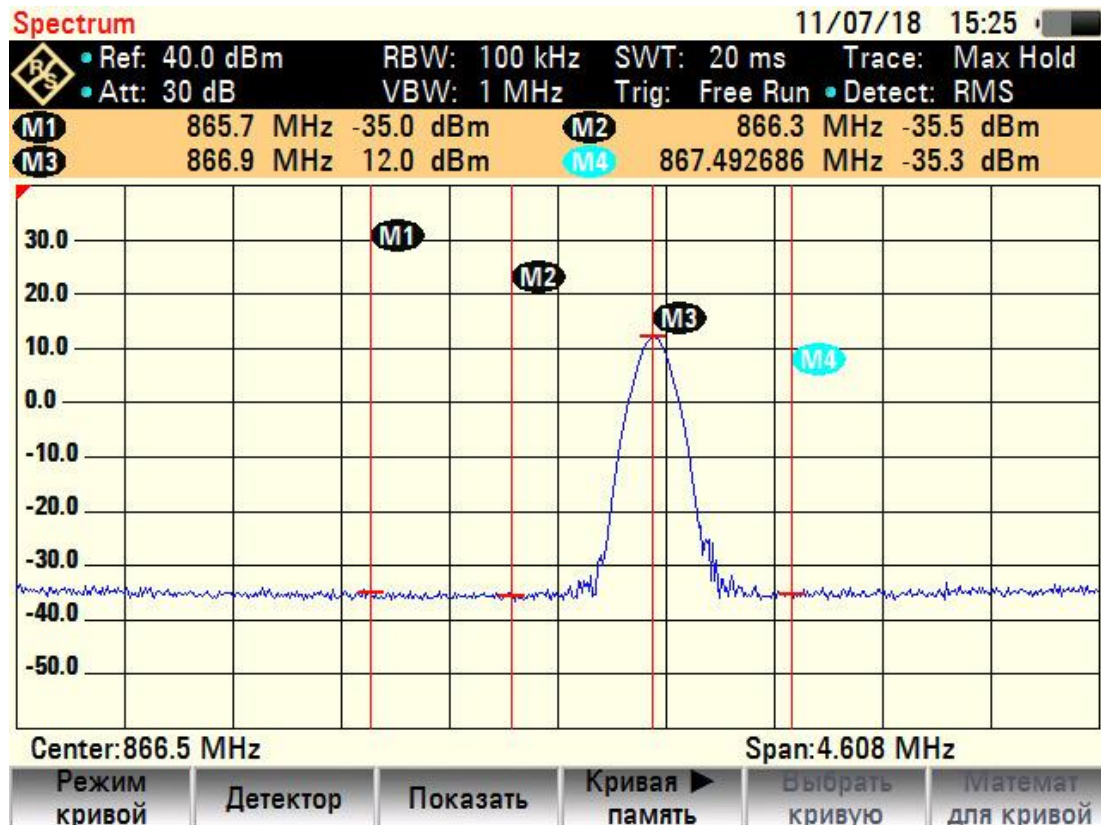


Рисунок 5а. Спектрограмма зондирующего сигнала считывателя при работе без разрешительных документов со стороны ГКРЧ.

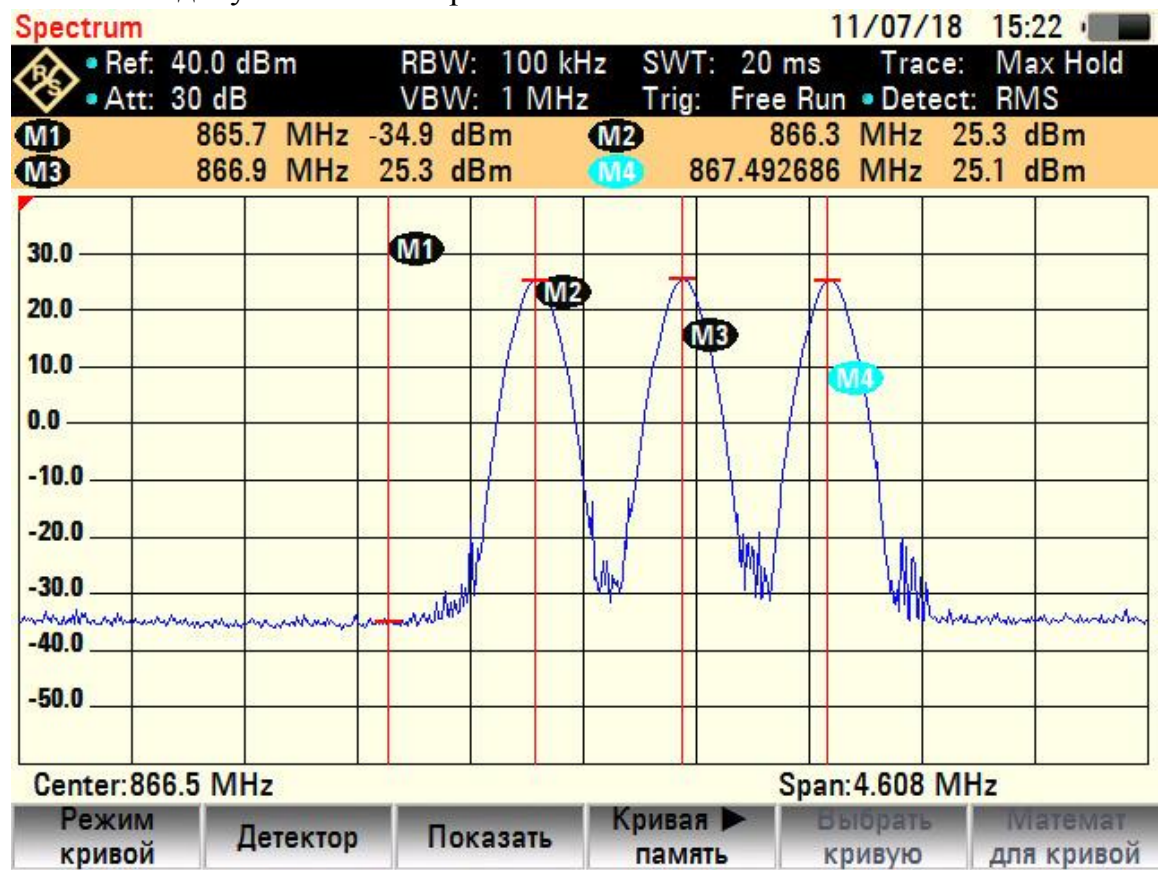


Рисунок 5б. Спектрограмма зондирующего сигнала считывателя в случае получения разрешительного документа со стороны ГКРЧ.

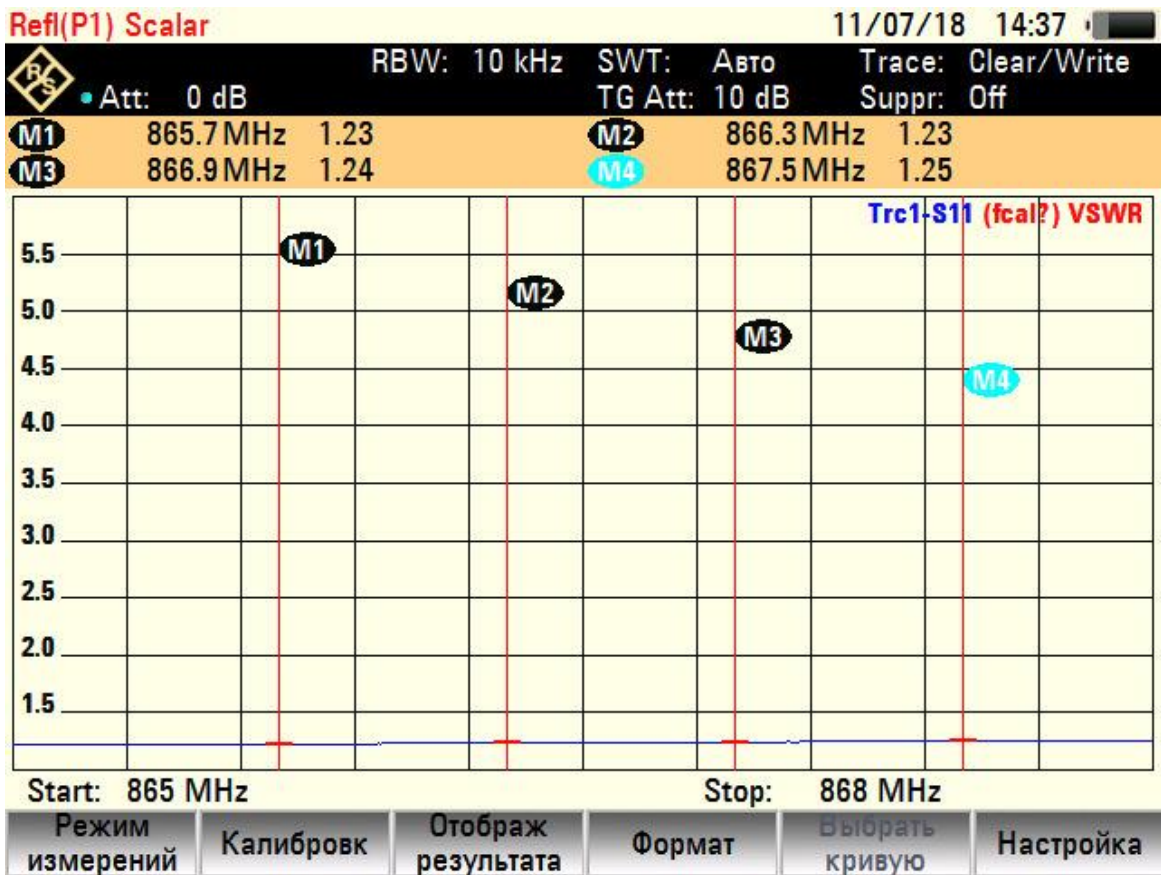


Рисунок 6. КСВ применённого антенно-фидерного тракта на несущих частотах RFID считывателя.

Установлено, что при выставлении параметров передатчика считывателя в соответствии с допусками ETSI (ЭИМ составляет 2 Вт, используются все 4 радиочастотных канала), метки определяются в 100% объеме (рисунок 7). Связь с метками устойчивая, с течением времени не теряется. Определение всего массива меток занимает от 3 до 6 секунд. Параметры считывателя приведены в таблице 4.

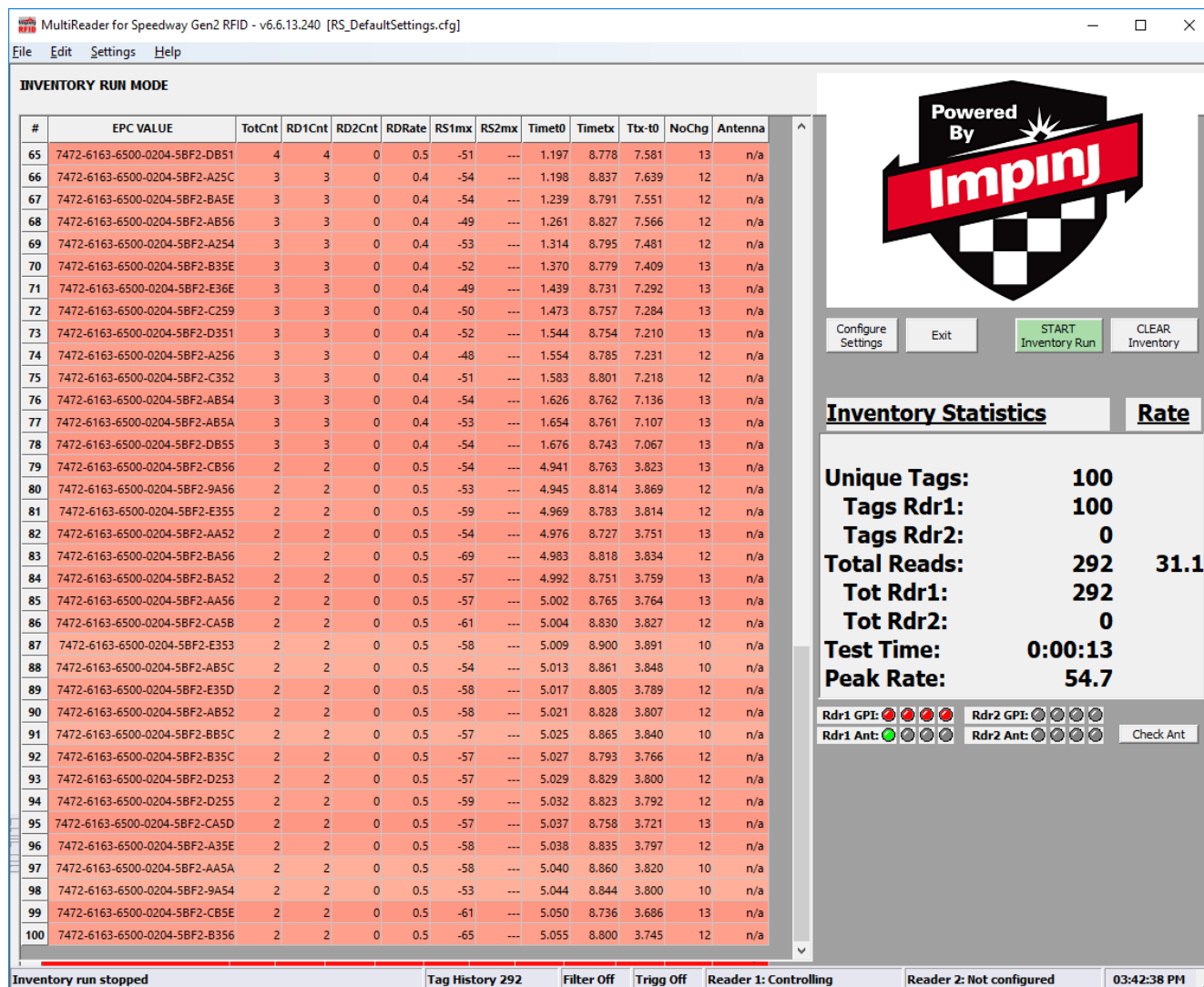


Рисунок 7. Метки определяются в полном объеме.

Таблица 4. Параметры настроек считывателя в соответствии с требованиями ETSI

Количество антенн	1
Выходная мощность передатчика считывателя, [дБмВт]	26.5
Конфигурация считывателя	AutoSet Dense Reader
Режим выбора частоты	Автоматический, определяется считывателем. Используются все 4 частотных канала
Режим считывания меток	Single Target Inventory

Алгоритм антиколлизии (запрос битовых флагов метки)	Session 1
---	-----------

Полученные значения были приняты за эталон и сформулированы критерии дальнейшего исследования и сведены в таблице 5.

Таблица 5. Критерии исследования зависимости определения меток от выходной мощности передатчика

Основное время поиска	10 секунд после определения первой метки
Дополнительное время	50 секунд после определения первой метки
Параметры настроек считывателя	Приведены в таблице 2, статичны. Изменяется выходная мощность передатчика считывателя.

При уменьшении мощности передатчика считывателя в 4 раза (20.5 дБмВт, при этом ЭИМ составляет 500 мВт) снижается скорость определения меток, входящих в массив. В среднем, за 10 секунд (основное время) работы определяется 57 - 60 меток (рисунок 8). За последующие 50 секунд (дополнительное время) “откликаются” еще порядка 15-20 меток. То есть общее количество найденных меток составляет 75-80 штук.

Таким образом, эффективность RFID системы по учету и инвентаризации объектов снижается в среднем на 20-25% при 5-ти кратном увеличении времени поиска. Стоит отметить, что этот показатель получен с учётом равноудалённости меток и строго правильной ориентации (перпендикулярно нормали) по отношению к антенне считывателя.

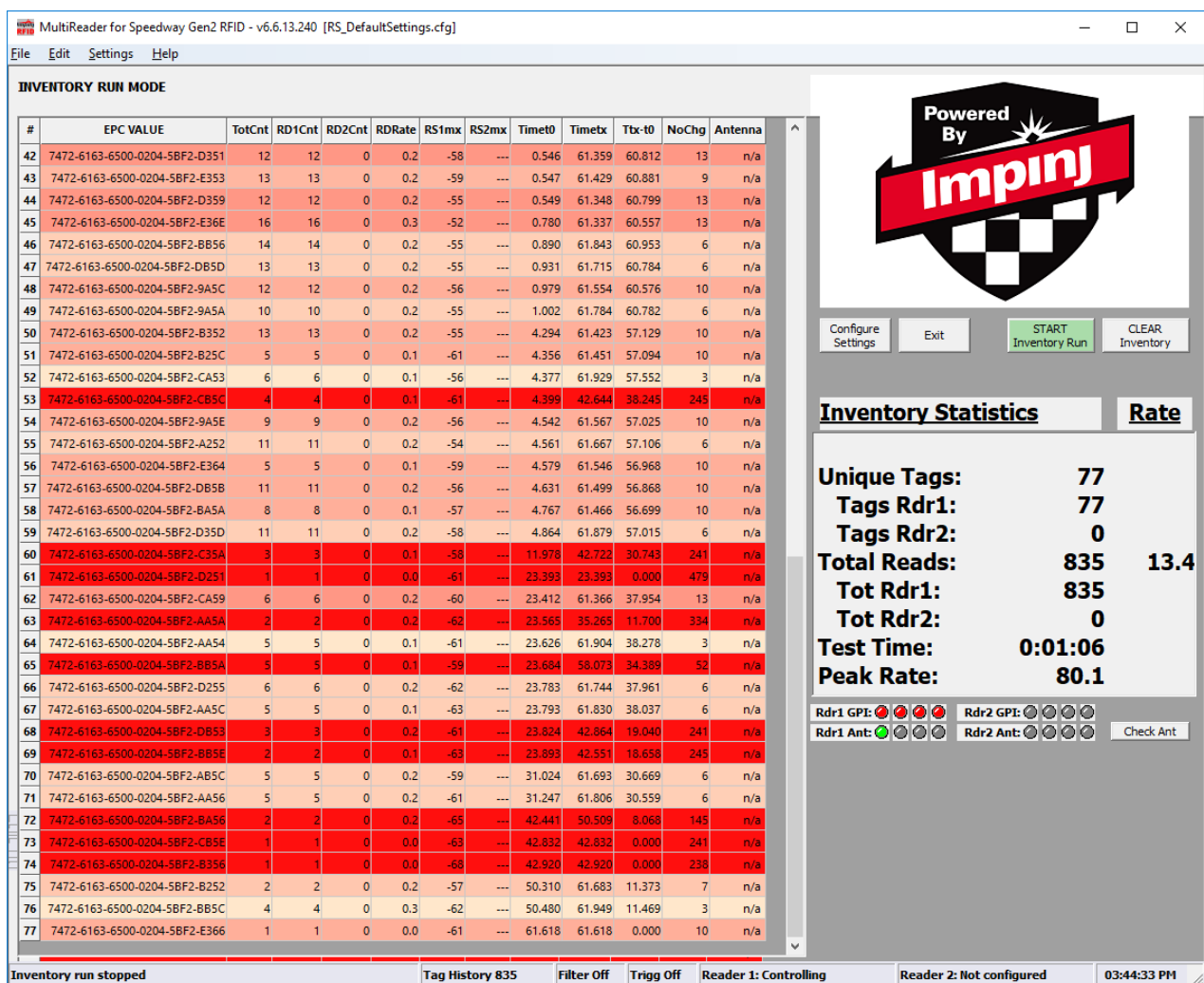


Рисунок 8. Снижение эффективности определения меток и увеличение времени поиска

При дальнейшем уменьшении мощности передатчика считывателя (17,5 дБмВт, при этом ЭИМ составляет 250 мВт) количество определяемых меток за основное время снижается на еще на 20% относительно предыдущего значения и составляет 10-12 штук (рисунок 9). Общее количество найденный меток варьируется в пределах от 12 до 15 штук.

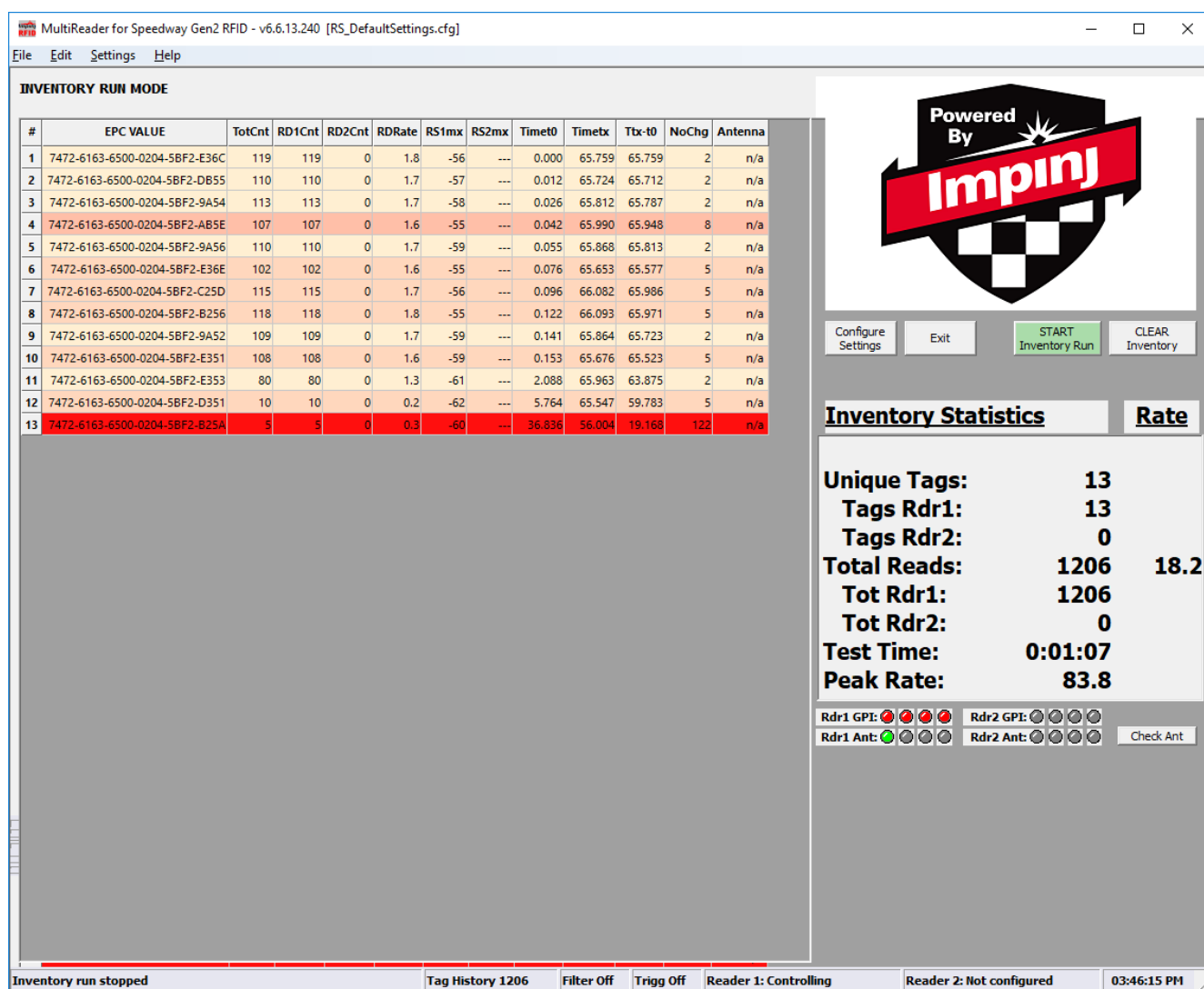


Рисунок 9. Снижение эффективности определения меток на 85-90 % относительно стандарта ETSI

При загрузлении параметров считывателя, в соответствии с требованиями ГКРЧ для свободного использования RFID систем (мощность передатчика считывателя 13,5 дБмВт, при этом ЭИМ составляет 100 мВт), определение меток не осуществляется.

С целью выявления потенциальных возможностей системы RFID при выполнении требования ГКРЧ для устройства, работающего без разрешительных документов, было осуществлено постепенное уменьшение расстояния между метками и антенной считывателя. При сокращении расстояния на 50 см (50%) осуществляется определение 1 метки из всего массива (рисунок 10). Время облучения и поиска потенциальных меток составляет 1 минуту.

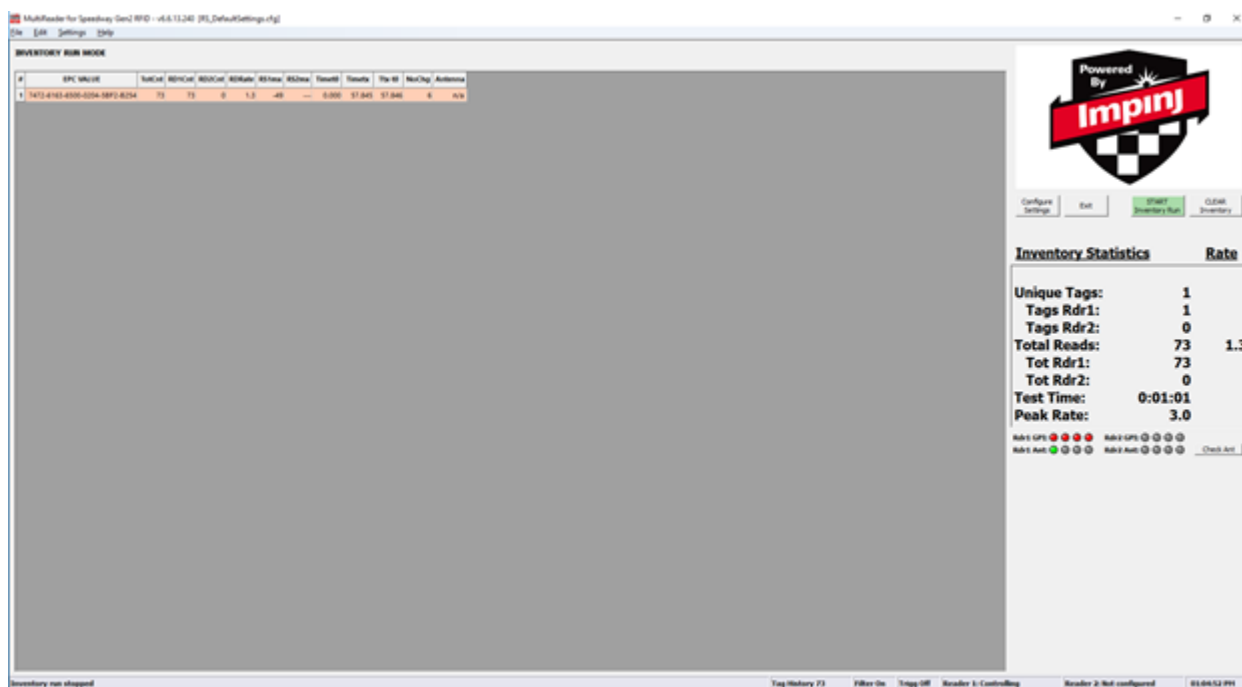


Рисунок 10. Поиск и определение меток при сокращении расстояния. Эффективность системы снижена на 99%.

Для определения большего количества меток при неизменном уровне ЭИМ расстояние до меток постепенно уменьшалось. При расстоянии до меток 25 см общее количество определенных меток из всего массива составило 25 шт (рисунок 11). То есть эффективность системы при использовании нелицензируемого уровня мощности в соответствии с требованиями ГКРЧ составляет, условно, 6,25% от эталонного значения (определение 100 меток на расстоянии 1 м). При этом стоит отметить, что на таком расстоянии физическое расположение большого количества меток невозможно, так как габаритные размеры массива меток будут выходить за пределы сигнатуры диаграммы направленности антенны, а при больших расстояниях уровень зондирующего электромагнитного поля недостаточен для активации меток. Фотография взаимного расположения меток и антенны считывателя приведена на рисунке 12.

Таким образом, в результате исследования установлено, что при выполнении предписаний ГКРЧ применительно к системам RFID в части излучаемой мощности и частотного распределения, эффективность этих систем снижается на 99 %. При этом расстояние между метками и антенной считывателя должно быть уменьшено на 50 %.

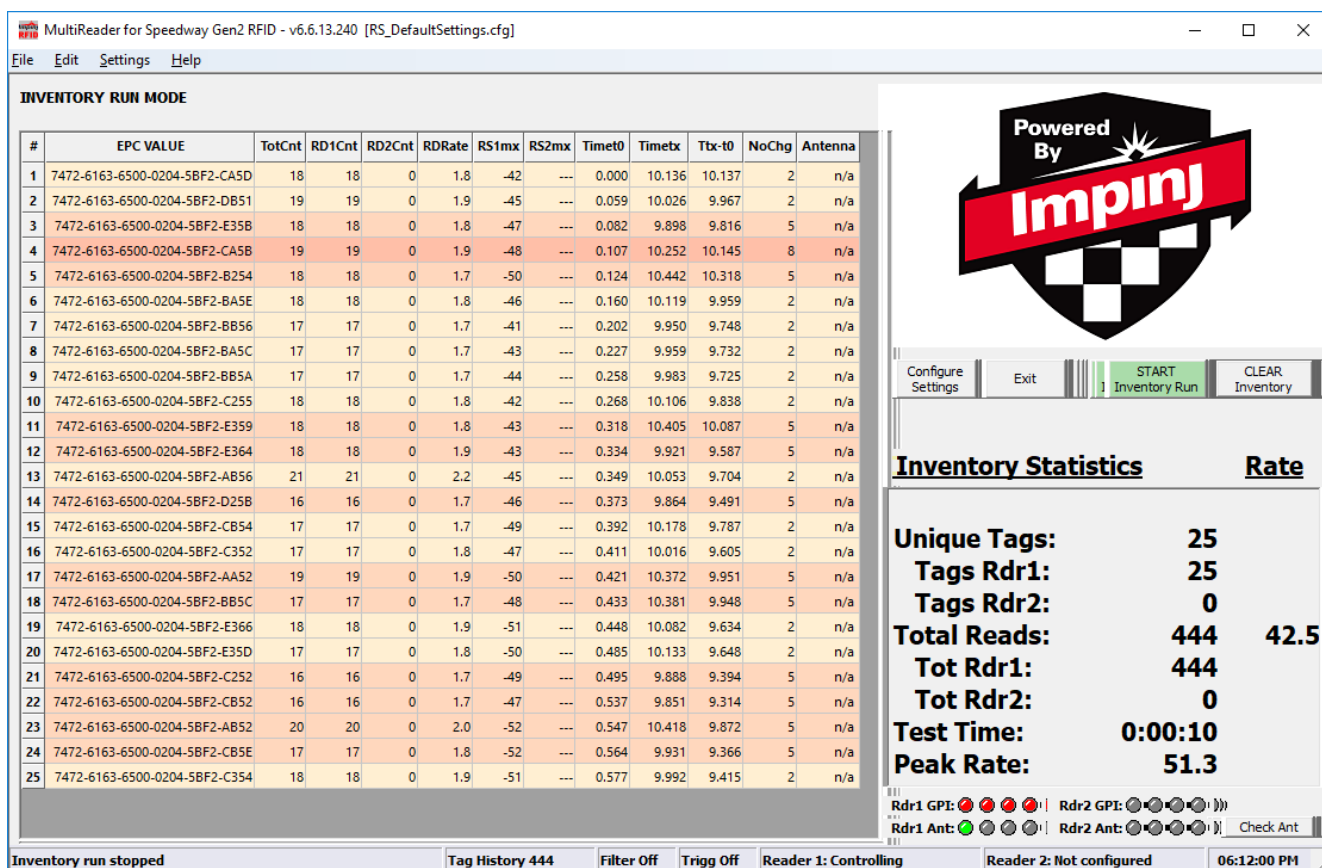


Рисунок 11. Определение меток в соответствии с требованиями ГКРЧ (нелицензируемый уровень мощности) на расстоянии 25 см



Рисунок 12. Расположение антенны считывателя относительно меток для определения массива с учетом нелицензируемого уровня мощности ГКРЧ.

Выводы

Анализируя вышеперечисленные требования к RFID устройствам, приведённые в таблице № 1, и сопоставив их с требованиями европейского стандарта ETSI EN 302 208, а также учитывая результаты специальных исследований, выполненных специалистами RFID центра АО «ИМЦ Концерн «Вега», можно сделать следующие выводы:

- в настоящее время 99,9% эксплуатантов RFID устройств стандарта EPC Gen2 (ISO 18000-6C) на территории России попадают под определение КОАП от 30.12.2001 №195-ФЗ (ред. от 27.06.2018), статья 13.3 “Самовольные проектирование, строительство, изготовление, приобретение, установка или эксплуатация радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств”;
- без проведения дополнительных мероприятий по присвоению (назначению) радиочастот или радиочастотных каналов на территории Российской Федерации из частот европейского стандарта ETSI EN 302 208 для применения RFID решений остается всего один канал на частоте 866,9 МГц;
- при использовании RFID устройств на частоте 866,9 МГц, при мощности 100 мВт, качество считывания радиочастотных меток на расстоянии 50 см не превышает 1%, тогда как при выполнении условий стандарта ETSI EN 302 208 обеспечивается стопроцентное считывание RFID меток на расстоянии 1 метр и более;
- выполнение требований ГКРЧ приводит к снижению эффективности устройств и систем RFID не в разы, а на порядки, что неприемлемо для применения технологии по её прямому назначению - быстрой групповой дистанционной идентификации объектов и делает её неконкурентной в современных рыночных условиях даже по сравнению с более простой технологией штрихового кодирования.

Кроме того, хотелось бы отметить, что для относительно полноценного и качественного использования RFID технологии в каждом отдельном случае необходимо получать специальное индивидуальное разрешение в ГКРЧ.

Считаем, что для активного развития RFID направления в коммерческой деятельности на территории Российской Федерации, должно быть Решение Государственной радиочастотной комиссии на открытое, то есть без предъявления дополнительных требований по присвоению (назначению) радиочастот или радиочастотных каналов, использование радиочастотного диапазона от 865,0 МГц до 868,0 МГц с уровнем выходной мощности зондирующего сигнала RFID считывателя до 2 Вт в закрытых помещениях и до 1 Вт в открытом пространстве, а также для использования RFID устройств с уровнем выходной мощности зондирующего сигнала до 5 Вт с присвоением радиочастот в установленном порядке (таблица 6).

Таблица 6. Предлагаемые параметры регламента применения устройств RFID

Радиочастота	Технические характеристики			Разнос каналов	Дополнительные условия использования
	Наименование	Значение	Размерность		
865,0-868,0 МГц	Мощность выходного сигнала передатчика	1	Вт	200 кГц	Не требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов

865,0-868,0 МГц	Мощность выходного сигнала передатчика	2	Вт	200 кГц	Не требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов при использовании устройства в закрытом помещении
865,0-868,0 МГц	Мощность выходного сигнала передатчика	5	Вт	200 кГц	Требуется присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов в установленном порядке

Авторы

Коллектив АО “ИМЦ Концерн “Вега”:

Кулиш А.В. ДМН, Временный генеральный директор

Колпаков С.Н. КТН, Заместитель генерального директора по науке

Рахманов И.М. Руководитель RFID центра, Испытательной лаборатории ЭМС

Козлов С.И. Начальник лаборатории специальных проверок

Шилин А.Б. Ведущий инженер